



**Interdisziplinäres Schlafmedizinisches Zentrum, Charité – Universitätsmedizin Berlin**

## **Planfeststellungsverfahren**

### **Flughafen Köln/Bonn**

## **Lärmmedizinische Stellungnahme**

Auftraggeber: Flughafen Köln/Bonn GmbH

Datum: 5. November 2016, aktualisiert am 4. August 2017

Prof. Dr. rer. physiol. Dipl. Phys. Thomas Penzel,  
Interdisziplinäres Schlafmedizinisches Zentrum, Charité Centrum 11 für Kardiologie

Charité – Universitätsmedizin Berlin, Charitéplatz 1, 10117 Berlin

Unter Mitarbeit von Dipl. Psych. Sandra Zimmermann, Dr. Martin Glos

## 1. Einleitung

Die Flughafen Köln/Bonn GmbH (FKB) beantragt die Durchführung eines Planfeststellungsverfahrens für mehrere Teilvorhaben am Flughafen Köln/Bonn. Geplant sind Arrondierungen der Vorfeldflächen im Bereich des Terminals 1 und im Bereich des Frachtriegels sowie die planerische Ausweisung von Flächen für bauliche Anlagen im Bereich des Frachtriegels und für Hochbauten mit flughafenaffinen Nutzungen.

Es sollen folgende Teilvorhaben planfestgestellt werden:

### a) Flugbetriebsflächen

- Erweiterung Vorfeld A: Schaffung zusätzlicher Abstellpositionen durch eine Erweiterung des Vorfelds A
- Umnutzung Teilfläche Vorfeld A: Rückbau einer Gepäckhalle auf dem Vorfeld A und Nutzung der bisher bebauten Fläche als Abstellpositionen
- Vorfeldlückenschluss E/F: Schaffung von Abstellpositionen durch Verbindung der Vorfelder E und F

### b) Frachtriegel

- Frachtriegel: Neuordnung der baulichen und sonstigen Nutzungen innerhalb des Luftsicherheitsbereichs zwischen den Vorfeldern E und F im Osten und V und W im Westen
- Verwaltungsgebäude: Verlagerung der Flughafenverwaltung aus dem Frachtriegel in den Bereich der heutigen Tennisplätze an der Waldstraße

### c) Frachtzentrum General Cargo

- Frachtzentrum General Cargo (CBCC II): Erweiterung des Frachtzentrums „Cologne Bonn Cargo Center“ (CBCC) um ein zusätzliches Frachtgebäude
- Parkhaus P5: Errichtung eines Parkhauses auf dem Mitarbeiterparkplatz P5 als Ersatz für die durch den Bau des CBCC II wegfallenden Parkplätze auf dem Parkplatz P5

### d) Neuordnung Terminal 2

- Anbau T2 West: Errichtung eines Anbaus nordwestlich an das Terminal 2

### e) Flächenneuordnung Vorfahrtbereich für flughafeninduzierte/flughafenaffine Nutzungen

- Hotel: Neubau eines Hotels mit Businesscenter und Konferenznutzungen
- Parkhaus P1: Ersatzneubau des bestehenden Parkhauses P1

Für die vorstehend beschriebenen Änderungen des Flughafens soll ein Planfeststellungsverfahren mit Umweltverträglichkeitsprüfung gemäß § 8 Abs. 1 Luftverkehrsgesetz durchgeführt werden.

Zur Ermittlung möglicher Auswirkungen der Umsetzung der Planung werden folgende Szenarien in der vorliegenden lärmmedizinischen Stellungnahme betrachtet:

- Status Quo 2015
- Prognosenullfall 2030
- Prognoseplanfall 2030

Das Szenario „Status Quo 2015“ stellt den Ist-Zustand dar. Das Szenario „Prognosenullfall 2030“ bewertet die Situation, die im Prognosejahr 2030 ohne die geplanten Maßnahmen erwartet wird. Hierbei ist zu beachten, dass für den Ersatzneubau des bestehenden Parkhauses

P1 eine gültige Baugenehmigung vorliegt und dieses Vorhaben unabhängig von dem Planfeststellungsverfahren bis zum Jahr 2030 umgesetzt wird. Dieses Vorhaben wird daher auch dem Prognosenullfall 2030 zu Grunde gelegt. Gleiches gilt für den Ersatzbau der Hallen 2 und 3 im Frachtriegel (Baubeginn September 2016). Das Szenario „Prognoseplanfall 2030“ bewertet demgegenüber die Situation, die im Prognosejahr 2030 bei Umsetzung der geplanten Maßnahmen erwartet werden kann.

Untersucht werden grundsätzlich die Gesamtauswirkungen des Vorhabens (Summe aller oben genannten Teilvorhaben, die planfestgestellt werden sollen) sowie die jeweiligen Auswirkungen der einzelnen Teilvorhaben und ihre unterschiedlichen Überlagerungsfälle. Von einer detaillierten Darstellung der Auswirkungen eines einzelnen Teilvorhabens und der maßgeblichen Überlagerungen wird abgesehen, wenn die Gesamtauswirkungen aller Teilvorhaben im Prognoseplanfall 2030 gegenüber dem Prognosenullfall 2030 unerheblich sind und keine Kompensation oder Abschwächung der Auswirkungen des jeweiligen Teilvorhabens durch Überlagerung mit anderen Teilvorhaben zu erwarten ist.

Die vorliegende Stellungnahme beurteilt in diesem Zusammenhang, welche lärmmedizinischen Auswirkungen mit dem Vorhaben verbunden sind.

## **2. Grundlagen der Stellungnahme**

Der Flughafen Köln/Bonn beauftragte den Gutachter, in seiner Funktion als wissenschaftlicher Leiter des Schlafmedizinischen Zentrums, der Charité – Universitätsmedizin Berlin, mit der Erarbeitung einer lärmmedizinischen Stellungnahme im Rahmen des Planfeststellungsverfahrens. In der vorliegenden Stellungnahme wird zunächst im allgemeinen Teil der aktuelle Stand der lärmmedizinischen Erkenntnisse dargelegt um anschließend die projektspezifischen Auswirkungen zu betrachten.

Der allgemeine Teil der Stellungnahme basiert im Wesentlichen auf einer aktuellen systematischen Literaturrecherche und Auswertung gemeinsam mit epidemiologischen Experten aus Deutschland um einen Überblick zum aktuellen Stand der Lärmwirkungsforschung zu erhalten. Die vorliegende Stellungnahme enthält zudem eine Bewertung der im Herbst 2015 veröffentlichten NORAH Studie.

Auch hier enthaltene Abbildungen wurden aus den genannten Quellen übernommen.

Der projektspezifische Teil basiert auf den Ergebnissen des Flug- und Bodenlärmgutachtens der ACCON GmbH und bezieht sich auf die konkreten Gegebenheiten des Flughafens Köln/Bonn.

### **2.1. Ausgangsbasis für die Stellungnahme**

- Expertise zur Fluglärmwirkung für den Bundesverband der Deutschen Luftverkehrswirtschaft BDL, 16. Oktober 2015. Beinhaltet Studien zur Fluglärmwirkung. Veröffentlicht im April 2017, siehe Literaturliste.
- Ergebnisse der NORAH Studie, Dokumente im Internet, Stand 09.11.2015.
- Planfeststellungsverfahren Flughafen Köln/Bonn Flug- und Bodenlärmgutachten. Bericht ACB-0716-7237/06. ACCON GmbH, 19.08.2016. Aktualisiert am 03.08.2017.

### **2.2. Aufgaben-/Fragestellung**

- Durchführung einer Literaturrecherche zum aktuellen Stand der Lärmwirkungsforschung (einschließlich der Erkenntnisse aus der NORAH-Studie) und Einordnung des aktuellen Stands in die bisherigen Erkenntnisse.
- Lärmmedizinische Bewertung des Vorhabens in Bezug auf möglichen zusätzlichen Flug- und Bodenlärm. Medizinische Beurteilung der von den Vorhaben verursachten zusätzlichen Belastungen an relevanten Immissionsorten.

### **3. ALLGEMEINER TEIL**

#### **3.1. Stand des Fluglärmgesetzes**

Ausgangspunkt der Betrachtungen und Diskussionen ist das Fluglärmgesetz in der Fassung vom 31. Oktober 2007. Angegeben werden die Werte für bestehende zivile Flugplätze nach § 2 Abs. 2 Nr. 2 FluLärmG.

Das Fluglärmgesetz erfordert den Mittelungspegel in dB(A)

für die Tag-Schutzzone 1:  $L_{eq} = 65$  dB(A)

für die Tag-Schutzzone 2:  $L_{eq} = 60$  dB(A)

für die Nachtschutzzone:  $L_{eq} = 55$  dB(A).

Das Fluglärmgesetz erfordert Maximalpegelhäufigkeiten in dB(A)

für die Nachtschutzzone innen:  $L_{max} = 6 \times 57$  dB(A)

für die Nachtschutzzone außen:  $L_{max} = 6 \times 72$  dB(A)

Die Mittelungspegel und die Maximalpegelhäufigkeiten des Fluglärmgesetzes stellen Regelungen dar, die vom Gesetzgeber unter Einbeziehung aller verfügbaren Erkenntnisse festgelegt wurden. Die Vorgaben des Fluglärmgesetzes zur Einrichtung der Tages- und Nachtschutzonen haben sich in den letzten Jahren bewährt.

#### **3.2. Studien zur Lärmwirkungsforschung**

In der Lärmwirkungsforschung finden zurzeit bzw. fanden in der jüngeren Vergangenheit intensive weitere Forschungsarbeiten statt: In Deutschland, sowohl in Feldstudien, d.h. in von Fluglärm betroffenen Gebieten (NORAH Studie in Frankfurt) (Guski & Schreckenber 2015), als auch in experimentellen Studien, d.h. in Studien in Laboreinrichtungen mit vorgegebenen und genau kontrollierten Geräuschen an freiwilligen Probanden (sogenannte Münzel Studien in Mainz) (Schmidt et al. 2013, Schmidt et al. 2015). Die Ergebnisse der NORAH Studie wurden auf Kongressen und Pressekonferenzen im Herbst 2015 vorgetragen und sind in umfangreichen Ergebnisberichten und Informationsschriften im Internet dargestellt. Veröffentlichungen in begutachteten wissenschaftlichen Zeitschriften befinden sich in Vorbereitung.

Der Vorteil von Feldstudien ist, dass natürliche realitätsnahe Verhältnisse für die Lärmbelastung vorliegen. Das betrifft die Einflüsse des zu untersuchenden Fluglärms, gemischt mit anderen Lärmquellen direkt vor Ort. Das betrifft ferner den Einfluss von Wetter und Windverhältnissen und ebenso der Bebauungssituation mit Bodenbeschaffenheit, Bebauung und Reflexionen.

Bei der NORAH Studie handelt es sich um eine sehr aufwändige und methodisch gut durchgeführte Feldstudie, deren Ergebnisse im November 2015 auf Pressekonferenzen und in umfassenden Berichten im Internet ([www.laermstudie.de](http://www.laermstudie.de)) veröffentlicht und vorgestellt wurden. Die NORAH Studie hatte fünf inhaltliche Schwerpunkte, für die aufgrund früherer Studien Effekte erwartet wurden. Die Schwerpunkte waren (a) Belästigung und Beeinträchtigung der Lebensqualität, (b) Krankheitsrisiken, (c) Auswirkungen auf den Schlaf, (d) Auswirkungen auf den Blutdruck, (e) Auswirkungen auf die kognitive Leistungsfähigkeit

und Lebensqualität von Kindern. Ziel der Studie war es, Auswirkungen des Fluglärms in der Rhein-Main Region auf Anwohner zu erfassen und quantitativ vorzustellen. Dafür wurden zwischen 2011 und 2013 Anwohner von vier deutschen Flughäfen befragt und untersucht.

Der Vorteil von experimentellen Studien ist, dass alle Einflüsse genau kontrolliert werden und damit der Einfluss von eingespielten Fluglärmgeräuschen gut von anderen Geräuschen oder Einflüssen zu separieren ist. Es gilt die experimentellen Bedingungen im Einzelfall genau zu betrachten, um die Aussagekraft und Übertragbarkeit der Studien zu beurteilen.

### 3.2.1. Herz-Kreislauf Auswirkungen und Erkrankungen

Es wurden in Fachzeitschriften publizierte Studien, Metaanalysen und Übersichtsartikel recherchiert und bewertet. Ferner wurden Forschungsberichte, Projektberichte, Buchartikel und weitere Berichte und Publikationen gesichtet und in Kurzform bewertet. Wichtige exemplarische und herausragende Ergebnisse werden im Folgenden dargestellt. Es existieren darüber hinaus auch einige große Studien, die sich speziell auf Herz-Kreislauf-Effekte bedingt durch Fluglärm konzentrieren. Ein Beispiel hierfür ist die HYENA-Studie (Haralabidis et al. 2011) (siehe Abb. 1).

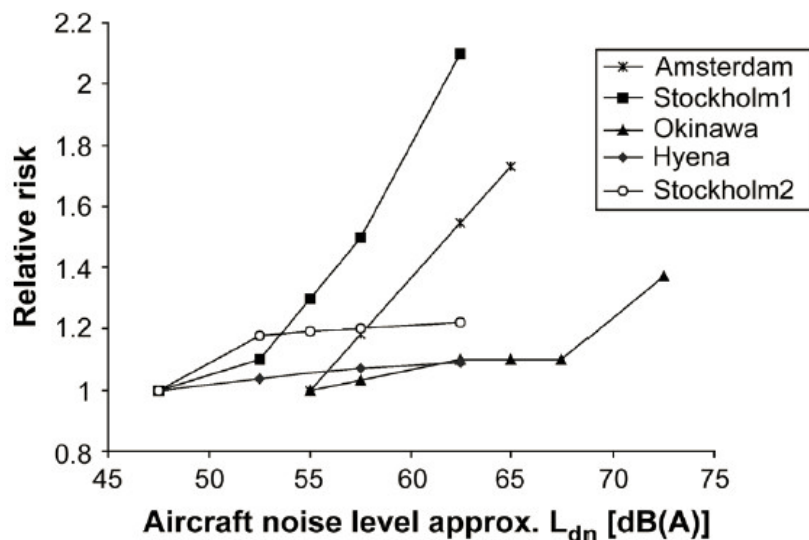


Abbildung 1: Zusammenhang zwischen Fluglärm und dem relativen Risiko für Bluthochdruck. Zusammenfassung der Ergebnisse aus 5 Studien unter anderem der multizentrischen HYENA Studie (Babisch und Kamp, 2009)

In der NORAH Studie war einer der fünf untersuchten Schwerpunkte der Blutdruck. Es wurden über drei Wochen hinweg Selbstmessungen durchgeführt. Es wurden auch die Effekte von Straßen- und Schienenlärm ausgewertet. Keine Verkehrslärmart zeigte einen statistisch signifikanten Effekt auf den Blutdruck. Die Effekte blieben im Bereich der Messungenauigkeit für die Blutdruckbestimmung. Die Ergebnisse reihen sich in das breite Spektrum früherer Studien ein, die teils Effekte gezeigt haben und teils keine Effekte gezeigt haben. Sie haben nicht die Studien bestätigt, die besonders ausgeprägte Effekte auf den Blutdruck gefunden haben (vergleiche Abb. 1). In der NORAH Studie wurde zusätzlich die Einstellung gegenüber dem Flughafen erhoben und daher konnte diese in die Auswertung einbezogen werden. Anwohner mit negativer Einstellung gegenüber dem Flughafen haben demnach höhere Blutdruckwerte als Anwohner mit neutraler Einstellung gegenüber dem Flughafen.

In der Summe aller bewerteten Studien kann festgehalten werden, dass ein niedriger Dauerlärmpegel ( $L_{dn} = 55$  dB(A)) keine eindeutigen Effekte zeigt und ein hoher Dauerlärmpegel ( $L_{dn} > 70$  dB(A)) und insbesondere auch Fluglärm eine Belastung des Herz-Kreislauf-Systems darstellt. Der am besten untersuchte und belegte Zusammenhang zeigt sich für Bluthochdruck. Hier liegen methodisch gute Studien vor, die diesen Zusammenhang statistisch signifikant belegen (Haralabidis et al. 2011). Das Ausmaß des Effektes scheint aber vom Ausmaß der Belästigung durch Fluglärm abzuhängen. In der Umgebung einzelner Flughäfen ist der Effekt unterschiedlich, die Gründe für diese Unterschiede bleiben jedoch noch weitgehend ungeklärt. Ebenso ungeklärt ist, ob Unterschiede nach Geschlecht bestehen. In einer epidemiologischen Studie (Greiser 2006) zeigt sich in der Nähe von Flughäfen ebenfalls ein Zusammenhang zwischen der Verordnung von Medikamenten für die Behandlung von Herz-Kreislauf-Erkrankungen und dem Ausmaß der Belastung mit Fluglärm. Die Analysen ergaben für nächtlichen Fluglärm (3-5 Uhr) bei Männern und Frauen signifikant erhöhte Risiken wenn sie in einem der vier Expositionsbereiche (40-43, 44-45, 46-47, 48-61 dB(A)) lebten, im Vergleich zu Personen außerhalb dieser Bereiche. Diese Erhöhung nahm in den unteren 3 Bereichen nahezu linear zu, im obersten Bereich jedoch wieder leicht ab. Der Zusammenhang war bei Frauen deutlich stärker als bei Männern ausgeprägt. Als Limitation ist anzuführen, dass in der Regel nicht die höchste der oben genannten Lärmkategorien sondern die zweithöchste die stärksten Zusammenhänge zeigt. Zusätzlich spricht die Tatsache, dass ein lineares Modell keine klaren Ergebnisse geliefert hat dafür, dass offenbar kein einfacher linearer Expositions-Wirkungs-Zusammenhang besteht. Dieses erschwert die Interpretation der Ergebnisse. Die Studie ist, wie vom Autor selbst angemerkt, mit vielen Unsicherheiten behaftet und lässt keine kausalen Schlüsse und keine Festlegung von Wirkungsschwellen für Lärmexposition zu.

Die Zusammenhänge zwischen Fluglärm und anderen Diagnosen von Herz-Kreislauf-Erkrankungen und an Krankenhausdiagnosen sind nicht so deutlich. Sie zeigen sich erst in Regionen, die einer sehr starken Lärmbelastung ausgesetzt sind. Das Risiko, einen Herzinfarkt zu erleiden, hängt allgemein mit der Lärmbelastung zusammen; ob dies allerdings auch für den Fluglärm gilt, ist bisher nicht ausreichend belegt. Auch in der NORAH Studie wurde ein Zusammenhang mit Herz-Kreislauf-Erkrankungen untersucht und es konnten Zusammenhänge mit Herzinfarkt, Schlaganfall und Herzinsuffizienz (Herzschwäche; durch einen zunehmenden Kraftverlust pumpt das Herz weniger Blut in den Kreislauf) belegt werden: Das höchste Risiko bei steigendem Dauerschallpegel fand sich für Herzinsuffizienz. Bei einer Erhöhung des dauerhaften Fluglärms um 10 Dezibel steigt das Risiko für Herzinsuffizienz um 1,6 Prozent. Das Risiko bezogen auf die Auswirkung von Straßenverkehrslärm liegt dabei allerdings höher. Für das Auftreten eines Schlaganfalls fand sich dagegen eine bisher nicht erklärbare Abnahme des Risikos bei steigendem Dauerschallpegel. Womöglich ist der Dauerschallpegel nicht das beste Maß, um Lärmbelastung in eine Beziehung zu Herz-Kreislauf-Erkrankungen zu setzen bzw. scheinen viele weitere Risikofaktoren (Stress, Rauchen, mangelnde Bewegung etc.) dabei eine wichtigere Rolle zu spielen.

### **3.2.2. Schlaf und Schlafstörungen**

Für den Bereich Fluglärm und Schlaf liegen methodisch anspruchsvolle experimentelle und epidemiologische Studien vor, die primäre Wirkungen auf die Schlafqualität (Aufwachreaktionen, Zunahme von Bewegungen, Länge einzelner Schlafphasen) sowie sekundäre Wirkungen (Tagesschläfrigkeit, Beurteilung der Schlafqualität) statistisch signifikant und dosisabhängig belegen. Das Ausmaß dieser akuten und semiakuten Wirkungen, die oft bei jungen gesunden Probanden untersucht wurden, ist allerdings meist

gering. Die größere Anzahl an Reviews kommt daher zu dem Schluss, dass dringend weitere Studien mit standardisierten Methoden benötigt werden, vor allem auch mit Einbeziehung besonderer Personengruppen wie Kinder, ältere Menschen, chronisch Erkrankte und andere vulnerable Gruppen wie z. B. Schichtarbeiter (Michaud et al., 2008; Finegold, 2010; Griefahn und Basner, 2011; Basner et al., 2012). Ob der Zusammenhang zwischen Fluglärm und chronischen Erkrankungen durch eine fluglärmbedingte Veränderung der Schlafqualität bewirkt wird, ist biologisch plausibel, bisher aber nicht empirisch belegt.

Die Tatsache, dass es Fluglärmwirkungen auf den Schlaf gibt, ist unumstritten – trotz der vielfachen und berechtigten Kritik an den unterschiedlichen und damit nicht oder nur sehr schwer vergleichbaren Methoden. Das Ausmaß des Zusammenhangs von Fluglärm und Gesundheitsbeschwerden wird gerade bei den akuten Effekten von einer Fülle von Nebenbedingungen (wie Habituation, Alter, individueller Schlafstruktur usw.) beeinflusst und kann kaum allgemein angegeben werden.

Auch die NORAH Studie hat einen Schwerpunkt auf Schlaf und Schlafstörungen gelegt und den Schlaf aufwändig mit einer umfangreichen Schlafmessung (Polysomnographie) in der häuslichen Umgebung der Studienteilnehmer untersucht. Die Geräusche wurden gleichzeitig am Ohr des Schlafers aufgezeichnet. Es wurde die Aufwachwahrscheinlichkeit in Abhängigkeit vom Maximalpegel am Ohr des Schlafenden zu zwei Zeitpunkten untersucht (siehe Abb. 2). Die objektiven nächtlichen Aufwachreaktionen nehmen nach Einschränkung des Nachtflugverkehrs ab (siehe Abb. 2). Die subjektiv berichteten Reaktionen jedoch nicht. Es zeigte sich erstmals auch, dass Personen mit einer negativen Einstellung gegenüber dem Flugverkehr schlechter schliefen als andere. Sie brauchten länger zum Einschlafen, hatten weniger Tiefschlaf und lagen länger wach. Es wurde damit deutlich, dass weitere Faktoren auf die Schlafqualität einwirken. In der Studie wurden auch Frühschläfer und Spätschläfer unterschieden (eine Stunde Unterschied in dem Beginn der Schlafzeit), zwischen denen sich jedoch keine wesentlichen Unterschiede in Bezug auf die Auswertung des Schlafes ergaben.

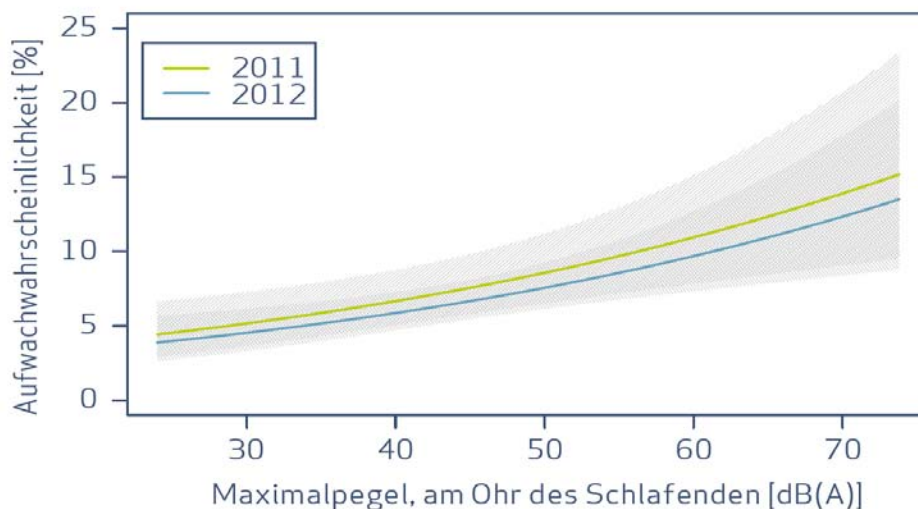


Abbildung 2: Zusammenhang zwischen nächtlichem Fluglärm angegeben als Maximalpegel am Ohr des Schlafenden und der relativen Aufwachwahrscheinlichkeit.  
Ergebnis der NORAH Studie, Modul Schlaf (Guski und Schreckenberg, 2015)

Wesentlicher war die plausible Erkenntnis, dass die Ergebnisse der früheren Schlafstudie vom Köln/Bonner Flughafen (Basner et al., 2004) sich nicht einfach nach Frankfurt übertragen ließen, da die nächtliche Fluglärmbelastung sehr verschieden ist. So fühlten sich die



Teilnehmer der NORAH Studie auch ohne nächtlichen Flugverkehr stärker belästigt als die Teilnehmer der Feldstudie am Flughafen Köln/Bonn zwischen September 2001 und November 2002 (Basner et al., 2004).

Damit bestätigen sich durch die NORAH Studie die Erkenntnisse, dass nächtlicher Fluglärm einen Effekt auf Aufwachen und Schlafstörungen hat. Ein offensichtlich ernstzunehmender einflussnehmender Faktor ist die Einstellung zum Flugverkehr.

### **3.2.3. Belästigung**

Belastbare Expositions-Wirkungs-Kurven liegen aus einigen Studien mit hinreichend großen Stichproben und Kontrolle von Confoundern (Einflussfaktoren) vor. Das komplexe und dynamische Beziehungsgeflecht zwischen akustischen, nicht-akustischen Faktoren (z. B. persönliche Einstellung zum Flughafen) und Belästigung blieb bisher jedoch weitgehend unklar, weil es an Längsschnittstudien und Ansätzen, die das gesamte System betrachten, mangelt. In der NORAH Studie wurde daher die Einstellung zum Luftverkehr mit erfasst. Vorhersagen zum Grad der Belästigung aus statischen Expositions-Wirkungs-Kurven, die nur einzelne Aspekte und eindimensionale Beziehungen abbilden, bleiben für bestimmte Situationen und Bevölkerungsgruppen mit Unsicherheit behaftet. (So konnten in der NORAH Studie nur Personen befragt werden, von denen eine Telefonnummer recherchiert werden konnte und die in die Befragung einwilligen. Von der ursprünglichen Zufallsstichprobe nahmen zum Schluss nur 7% teil. Von der Blutdruckstudie wurden Personen ausgeschlossen, die angaben, an Bluthochdruck zu leiden. Eine Aussage über die Lärmwirkung bei Personen mit Bluthochdruck ist daher nicht möglich).

Mehr oder weniger standardisierte, direkte Fragen zur Belästigungserhebung wurden in der Vergangenheit in Fragebogen, in persönlichen und telefonischen Interviews gestellt. Janssen et al. (2011) zeigten in ihrer Zusammenschau vieler Belästigungsstudien, dass persönliche Befragungen tendenziell niedrigere Belästigungswerte ergeben als anonyme per Fragebogen.

Als indirekte Kennzahl der Belästigung in der Bevölkerung wurde auch die Häufigkeit der Beschwerden verwendet. Diese Methode ist jedoch wenig zielführend. Hume et al. (2002) sowie Nykaza et al. (2013), konnten zeigen, dass Beschwerdeführer signifikant höhere Belästigungswerte angeben als ihre Nachbarn. In allen Studien dieser Art wurde deutlich, dass wenige Hoch- oder Vielbeschwerdeführer eine überproportional große Zahl von Beschwerden generieren. Anlassbezogene, konkrete Einzelbeschwerden über Fluglärm können dagegen, wenn sie plötzlich gehäuft auftreten, wertvolle Informationen enthalten über außergewöhnliche Ereignisse wie etwa Abweichungen vom Flugpfad oder Verletzungen eines Nachtflugverbots.

Lärmbelästigung entsteht aus einer Vielzahl von Bewertungen. Die Geräuschsituation geht in das Urteil ein, aber auch das Verhalten des Lärmverursachers und das Verhalten der Gemeindeverwaltung in der Region. Die Lärmbelästigungsforschung und Lärmbelästigungsbekämpfung hat bisher Lärmbelästigung ausschließlich als Ergebnis von Mittelungspegeln betrachtet. Bei der Bewertung von allen Studien zur Lärmwirkung sollte versucht werden, Expositions- oder Dosis-Wirkungs-Kurven aufzustellen. Auf der Grundlage dieser können Schutzbereiche definiert werden, um den Anteil der Bevölkerung, der sich durch Lärm belästigt fühlt oder beeinträchtigt ist, möglichst klein zu halten. Die folgende Abbildung 3 zeigt die Fluglärm Expositions-Wirkungs-Kurve der Europäischen Kommission (European Commission 2002).

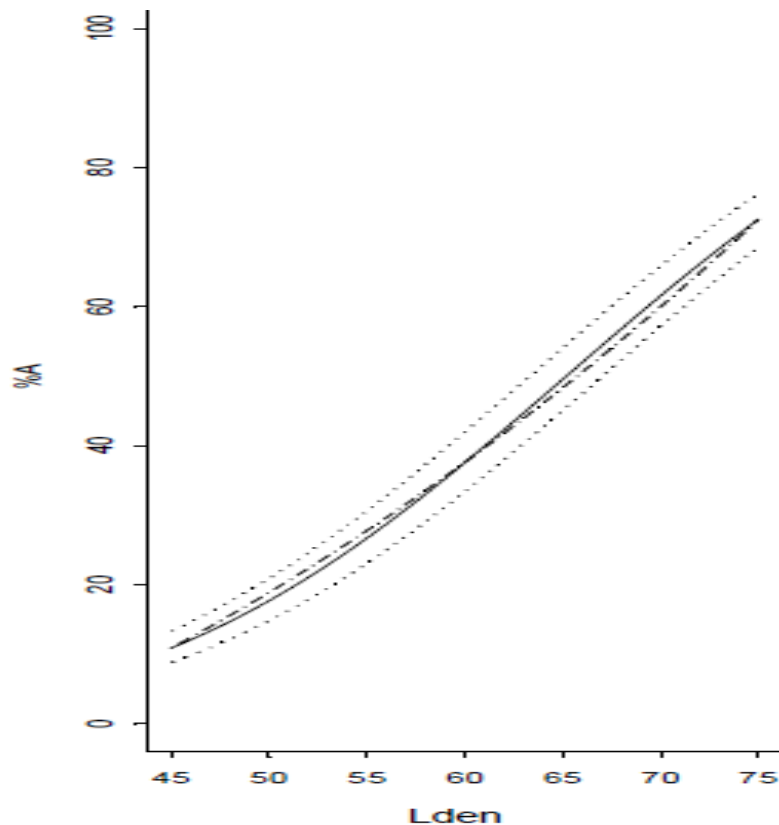


Abbildung 3: Gezeigt ist der prozentuale Anteil belästigter Personen (%A = % annoyed) in Abhängigkeit vom Fluglärm Mittelungspegel Lden (day-evening-night) (European Commission 2002)

Guski ging bereits in den 1970er Jahren (siehe Finke et al. (1975) oder auch Guski (1999)) davon aus, dass maximal ein Drittel der Belästigungsreaktion durch die akustischen Faktoren aufgeklärt werden kann, auf die sich die Forschung bisher konzentrierte. Der überraschend geringe Zusammenhang zwischen Mittelungspegel und individueller Belästigung wurde bereits oben thematisiert und über die Zeit immer wieder bestätigt (z.B. auch bei Wirth et al. (2004)). Dies bestätigte sich in der NORAH Studie (Berichte und Abschlussberichte über das Portal abrufbar: [www.laermstudie.de](http://www.laermstudie.de)).

Mindestens ein Drittel der Variation in den Belästigungsurteilen geht mit nicht-akustischen (persönlichen, sozialen) Faktoren einher. Persönliche Faktoren sind beispielsweise Lärmempfindlichkeit, Angst vor Schäden, die die Lärmquelle verursachen könnte, persönliche Bewertungen der Situation und die Einschätzung, die belastende Situation bewältigen zu können. Zu den sozialen Faktoren zählen die allgemeine Bewertung der Lärmquelle, Vertrauen oder Misstrauen gegenüber den Verantwortlichen, die Entwicklung des Lärmverursachers und die Erwartungen der Bewohner. Die Evidenz für den Einfluss personenbezogener und sozialer Faktoren wurde bereits in mehreren Reviews und Meta-Analysen aufgezeigt (z.B. Fields (1993), Miedema & Vos (1999)).

Die Einstellung gegenüber der Lärmquelle hat starke Bezüge zur Lärmbelästigung (Job 1988). Auch neuere Studien, so wie die NORAH Studie (Guski & Schreckenber 2015) zeigen, dass die Einstellung gegenüber der Lärmquelle mit der empfundenen Belästigung korreliert. Negative Erwartungen etwa nach einer Flughafenerweiterung, wirtschaftliche Erwartungen, Ängste und Vertrauen in die Verantwortlichen, hängen bedeutsam mit der Stärke der Lärmbelästigung zusammen. Wie bei den anderen Einflussfaktoren auch ist es schwierig, die Einstellung gegenüber der Lärmquelle von der Belästigung abzugrenzen. In manchen Studien

war die Einstellung eher von der Belästigungsreaktion beeinflusst, in anderen stellte sie einen Teil der Belästigungsreaktion dar. Der Zusammenhang ist auch nicht einseitig (uni-direktional). Es ist unklar, ob die Einstellung die Belästigung beeinflusst oder umgekehrt. Wahrscheinlich ist die Beziehung wechselseitig.

Die subjektive Überzeugung, die Lärmsituation vorhersagen oder selbst etwas an ihr ändern zu können, hat einen starken Einfluss auf die Lärmbelastigung. Hinweise hierfür geben Jue et al. (1984). Bewohner, die resigniert hatten, waren mehr verärgert als solche, die glaubten, die zukünftige Lärmsituation beeinflussen zu können. Wahrgenommene Kontrolle hat auch Einfluss auf die Akzeptanz von Lärmbekämpfungsmaßnahmen.

Der Wohnzufriedenheit kommt ebenfalls eine hervorgehobene Bedeutung zu, da sie als wichtiger Indikator für menschliches Wohlbefinden gesehen wird (Kroesen et al. 2010). Lärmbelastung durch Straßen oder Nachbarn ist ein starker Prädiktor für niedrige Wohnzufriedenheit. Fluglärm hat demgegenüber nur schwache Vorhersagekraft für Unzufriedenheit mit der Wohnsituation (Kroesen et al. 2010). Wohnzufriedenheit wiederum kann Lärmbelastigung kompensieren. Steigert man Wohnzufriedenheit durch z.B. Verbesserung der Infrastruktur, dann sind die Bewohner eher bereit, Lärm in Kauf zu nehmen. Dadurch sinkt die subjektive Belästigung.

Die Demographie hat wenig Einfluss auf das Belästigungsurteil (Fields 1993, Miedema & Vos 1999). Hierzu zählen das Alter, das Geschlecht, sozialer Status, Einkommen, Bildungsniveau, Eigentumsverhältnis, Dauer des Wohnaufenthalts am aktuellen Wohnort. Eine persönliche positive Beziehung zur Lärmquelle, z.B. als Angestellter oder Nutzer des Flughafens, wirkt dagegen stark belästigungsmindernd.

Verändert sich die Lärmsituation bzw. wird erwartet, dass sich die Lärmsituation verschärfen wird, dann reagieren die Anwohner stärker als von der statischen Expositions-Wirkungskurve vorhergesagt, es findet sich eine subjektive Überreaktion (Brink et al. 2008, Brown & van Kamp 2009a, Brown & van Kamp 2009b). Bei einer plötzlichen Lärmsteigerung, z.B. bei Eröffnung einer neuen Startbahn, wird die Belästigung der zusätzlich Exponierten jahrelang höher sein als die statische Expositions-Wirkungskurve vorhersagte. Dieses zeigte sich auch in der NORAH Studie, in der die Belästigung sorgfältig und an einer großen Zahl von Personen erfasst wurde. So stieg die Belästigung nach Eröffnung der neuen Landebahn in Frankfurt, bei gleichbleibendem Lärmpegel, an und blieb auch ein Jahr später gegenüber dem Ausgangswert erhöht. Das Ausmaß dieses Effektes hing von der Selbsteinschätzung des Umgangs mit Lärm, von der Einstellung zum Flugverkehr und von der Einschätzung, wie sich der Flugbetrieb auf die Wohnsituation auswirken wird, ab. Wie lange diese sogenannten Überreaktionen anhalten, ist nach derzeitigem Forschungsstand nicht hinreichend geklärt. Insgesamt zeigt die NORAH Studie auch, dass sich die Anwohner heute bei gleichen Lärmbelastungspegel gegenüber früheren Studien stärker belästigt fühlen. Die subjektive Belästigung ist zudem bei gleichem Lärmbelastungspegel im Vergleich verschiedener Flughäfen unterschiedlich. Auch dies deutet auf zusätzliche Einflussfaktoren hin, die noch nicht sämtlich bekannt sind.

#### **3.2.4. Stresshormone**

Für intensive Fluglärmbelastung (militärischer Tieffluglärm) ist ein deutlicher Zusammenhang mit der Ausschüttung von Stresshormonen nachgewiesen (Marth et al. 1988). Für Pegelbereiche des zivilen Luftverkehrs sind die Befunde uneinheitlich (Maaß und Basner 2006). Die Ursachen hierfür sind sowohl in individuell unterschiedlichen Stressregulationsmechanismen zu suchen als auch in den methodischen Schwierigkeiten, sowohl die

entsprechenden Hormonkonzentrationen als auch den regulationsspezifischen Hormonmix zu bestimmen.

### **3.2.5. Gesundheitsbeeinträchtigungen**

In der Mehrzahl der begutachteten Studien findet sich ein Zusammenhang zwischen der Fluglärmbelastung und verschiedenen Aspekten des selbstberichteten Gesundheitsstatus. In Bezug auf den Medikamentenkonsum finden sich dosisabhängige Risikoerhöhungen für die Einnahme von Medikamenten zur Senkung des Blutdrucks und Beruhigungsmitteln gegen Schlafstörungen (Franssen et al. 2004). Problematisch bei diesen Studien ist oft, dass es sich um Selbstauskünfte handelt und dass die Methodik der Datenerhebung der verschiedenen Studien voneinander abweicht.

### **3.2.6. Gesamtsterblichkeit**

Eine neuere Umgebungslärmstudie von Greiser (2015) mit retrospektiven Erhebungen von amtlichen Daten (Melderegister, Sterberegister und Krebsregister) aus den Jahren 1998 bis 2011 bei Einwohnern der Stadt Bremen untersuchte den Zusammenhang zwischen Sterblichkeit und Verkehrslärmbelastung. Ursprünglich sollte aufgrund der angenommenen Wirkungskette die Sterblichkeit an Myokardinfarkt untersucht werden. Da diese Sterblichkeit unerklärliche Schwankungen zeigte, wurde entschieden die Gesamtsterblichkeit zu untersuchen. Eine Untersuchung der Gesamtsterblichkeit ist jedoch auch problematisch, da sehr viele Faktoren eine Rolle spielen: Alter, sozialer Status (Haushaltseinkommen, Wohnfläche, Anzahl PKW), Ernährung und Umwelteinflüsse wie Luftqualität und Lärm. Die statistische Auswertung zeigte, dass der Anstieg der Gesamtsterblichkeit der Bremer mit dem Anstieg der Belastung mit Schienenverkehrslärm oder Straßenverkehrslärm korreliert. Auch diese Ergebnisse waren nicht linear und bleiben schwer verständlich. Die größte Risikoerhöhung fand sich für Schienenlärm am Tage bei Personen über 40 Jahren die weniger als 10 Jahre am gleichen Ort wohnten (Risikoerhöhung um 58%). Bei Personen, die 10 bis 14 Jahre am gleichen Ort wohnten gab es keine Risikoerhöhung. Bei Personen die über 14 Jahre am gleichen Ort wohnten gab es für den nächtlichen Schienenverkehrslärm eine Risikoerhöhung um 35%. Straßenverkehrslärm brachte eine signifikante Risikoerhöhung für Personen mit einer Wohndauer ab 14 Jahre für Dauerschallpegel von 72 dB(A) am Tag. Die Belastung durch Fluglärm ist im Vergleich zu Straßen- und Schienenlärm relativ gering. Bei der Belastung durch Fluglärm findet sich nur bei Personen zwischen 40 – 67 Jahren mit einer Wohndauer < 10 Jahren und Fluglärmbelastung am Tage (nicht in der Nacht) ein erhöhtes Risiko für die Gesamtsterblichkeit (Mortalität steigt um 32%). Zum Vergleich, in einer englischen Studie wurde bei Ärzten, die Rauchen im Vergleich zu Nichtrauchern, eine erhöhte Mortalität um 42% berichtet (Doll et al. 2004).

### **3.2.7. Krebserkrankungen**

Zum Thema Fluglärm und Krebs lagen die Studien von Visser et al. (2005), Greiser (2009) und die NORAH-Studie zur Bewertung vor. Die Visser Studie zeigt keinen Zusammenhang, die Greiser Studie (2009) gibt für Frauen erhöhte Erkrankungsrisiken für sämtliche bösartigen Neubildungen an. Für diesen Befund wird eine Erhöhung der Erkrankungsrisiken für Brustkrebs sowie für Non-Hodgkin-Lymphome und Leukämien verantwortlich gemacht. Die Aussagekraft der ersten Studie ist begrenzt, da keine individuellen Angaben über Störvariablen (sogenannte Confounder, die einen Einfluss auf den Zusammenhang der zu untersuchenden Variablen haben) vorliegen. In der zweiten Studie gibt es schwerwiegende methodische Limitationen, so dass diese als nicht belastbar einzustufen ist. Es waren weitaus zu wenige Personen an Krebs erkrankt um statistisch zuverlässige Aussagen abzuleiten.

In der NORAH-Studie zu Krankheitsrisiken (Seidler et al. 2015) bestand für den Brustkrebs bei Frauen keine klare Expositions-Wirkungs-Beziehung. Eine tendenzielle Expositions-Wirkungs-Beziehung und höhere Risiken ab  $\geq 50-55$  dB(A) zeigten sich in der Nacht. Insgesamt sind die Risikoschätzer für Brustkrebs in der NORAH-Studie statistisch nur als gering abgesichert anzusehen (Hoffmann, Erdmann 2015). Das ist dadurch begründet, dass nur eine geringe Zahl von Erkrankungen aufgetreten ist und damit eine große statistische Unsicherheit besteht.

Bei der Analyse von Krebserkrankungen finden sich bei der Greiser Studie (2015) Kombinationswirkungen zwischen Straßen- und Schienenverkehrslärm für ganz spezifische Krebsarten wie Leukämien und maligne Lymphome sowie auch für Brustkrebs bei Frauen – nicht jedoch für Fluglärm.

Die Wichtigkeit der Separierung verschiedener Verkehrslärmarten bei der Untersuchung ihres Einflusses auf die Gesundheit wird somit auch hier deutlich (Greiser 2015). Die unterschiedliche Sterblichkeit als Ergebnis unterschiedlicher Lärmarten wurde weiter oben zitiert (Greiser 2015). Diese aktuellen Ergebnisse betätigen die Ergebnisse aus früheren Studien (Griefahn et al. 2005, 2011).

### **3.2.8. Psychische Erkrankungen**

Insgesamt ist die Befundlage zum Zusammenhang zwischen Fluglärm und psychischen Erkrankungen wenig belastbar. Die älteren Studien aus den 1980er Jahren kämpfen mit methodischen Problemen, insbesondere mit der angemessenen Berücksichtigung von Confounder Variablen. Auch in neueren Studien wird teilweise nicht genügend Aufwand betrieben, um die Confounder Variablen im notwendigen Umfang zu erheben bzw. zu kontrollieren. Weitere klärende Untersuchungen wären hier nötig, insbesondere auch was den Stellenwert von Vorerkrankungen oder einer erhöhten psychischen Vulnerabilität angeht. Als weitgehend gesichert kann gelten, dass der Anstieg von gemessenen Hyperaktivitätsveränderungen bei Kindern mit der Höhe der Fluglärmbelastung kovariiert.

Im Hinblick auf sekundäre Folgen des durch Fluglärm gestörten Schlafs gibt es nur begrenzte Evidenz, dass gestörter Schlaf zu klinischen Konsequenzen wie Depression oder anderen psychischen Erkrankungen führt. Es sei aber betont, dass es plausible biologische Modelle für diese Zusammenhänge gibt (WHO 2009).

Die NORAH Studie konnte bei der Belastung von allen drei untersuchten Verkehrslärmarten (Straße, Schiene, Luft) ein höheres Risiko für die Entwicklung einer depressiven Episode entdecken. Das Risiko nahm durchschnittlich um 8,9 Prozent zu, wenn die Fluglärmbelastung um 10 Dezibel anstieg. (Zum Vergleich: Beim Straßenlärm stieg das Risiko pro 10 Dezibel um 4,1 Prozent, bei der Schiene um 3,9 Prozent.) Ein bislang nicht erklärtes Ergebnis ist dabei, dass bei sehr hohen Schallpegeln von Flug- und Schienenlärm das Risiko der Depression, ähnlich wie auch für das Auftreten eines Schlaganfalls wieder sinkt. Kausale Zusammenhänge für diese Ergebnisse wurden nicht untersucht. Auch für diesen Bereich besteht daher weiterer Forschungsbedarf.

### **3.2.9. Kognitive Funktionen**

Effekte von Fluglärm auf unterschiedliche kognitive Funktionsbereiche konnten in der Mehrzahl der begutachteten Studien nachgewiesen werden. Die Einflüsse des Fluglärms auf kognitive Leistungseinbußen sind in ihrem Ausmaß von Studie zu Studie sehr unterschiedlich, da es keine standardisierten Vorgaben gibt, welche Aufgaben für eine Lärmwirkungs-

untersuchung heranzuziehen sind. Für die Zielgruppe von Schulkindern sind kognitive Wirkungen, wie die Beeinträchtigung der Leseleistung durch Fluglärm, aus qualitativ hochwertigen Studien signifikant belegt. Belastbare Expositions-Wirkungs-Beziehungen zwischen Fluglärmbelastung und Leseleistung erbrachten die Studien von Stansfeld et al. (2005) und Klatté et al. (2013). Bei starkem Rückgang der Lärmbelastung sind die Beeinträchtigungen im Kindesalter nach dem gegenwärtigen Stand der begutachteten Studien offenbar reversibel. Daher hat die NORAH Studie einen Schwerpunkt diesem Effekt gewidmet. Es zeigte sich ein signifikanter Einfluss der Fluglärmexposition auf das Leseverständnis der Kinder, jedoch in geringerem Ausmaß als in früheren Studien publiziert. Konkret zeigte sich, dass eine um 10 dB stärkere Fluglärmbelastung mit einer Leselernverzögerung um etwa 1 Monat einhergeht. Die ältere Studie von Stansfeld et al. (2005) ist jedoch nicht direkt mit der NORAH Studie vergleichbar, da unterschiedlich alte Kinder untersucht wurden. Hierbei wurden Leselernverzögerungen um etwa 2 Monate berichtet. Die Bewertung einer solchen Leselernverzögerung ist verschieden. Die familiären und sozialen Unterschiede und die individuellen Fähigkeiten von Kindern bewirken Leselernverzögerungen in größerem Umfang. Weiterhin ist die Bedeutung von Beeinträchtigungen der Leseleistung bei Kindern nach chronisch langandauernder Belastung noch nicht ausreichend untersucht. Die Lehrkräfte berichten in der NORAH Studie übereinstimmend, dass Fluglärmereignisse den Unterricht beeinträchtigen.

Mit den Daten der NORAH Studie konnten die Wissenschaftler aber auch zeigen, dass andere Faktoren, wie z. B. die Anzahl der Bücher für Kinder im Elternhaus einen stärkeren Einfluss auf das Lesen lernen haben.

### **3.3. Zusammenfassung aktueller Stand der Literatur zur Fluglärmforschung**

Die aktuelle Literatur zu Lärmwirkungsstudien bestätigt im Wesentlichen die Erkenntnisse der früheren Studien in Bezug auf Belästigung und Gesundheitseffekte (Penzel et al. 2017). Für einige Effekte (Blutdruckänderungen bei hohen Lärmbelastungen) liegen heute mehr Studien vor als noch vor einigen Jahren. Allerdings zeigen die Studien teilweise unterschiedliche Ergebnisse. Die neue NORAH Studie sieht keinen signifikanten Zusammenhang zwischen Lärm und einem erhöhten Blutdruck. Zu berücksichtigen ist immer die Auswahl der untersuchten Personen und die Untersuchungsmethodik – so wurden in der NORAH Studie keine Personen mit einer Bluthochdruckerkrankung untersucht. Für andere Effekte (Auswirkung von Nachtfluglärm, Medikamentengebrauch, Lernleistung bei Kindern) zeigen sich in den neuen Studien keine neuen Erkenntnisse. Es ist zu erwarten, sowie unumgänglich, dass in den nächsten Jahren weitere Studien durchgeführt, sowie weitere Auswertungen bereits erfolgter Studien veröffentlicht werden, da auch die aktuellen Studien keine wesentlichen neuen lärmmedizinischen Erkenntnisse bringen konnten.

## **4. SPEZIELLER TEIL**

### **4.1. Lärmmedizinische Bewertung der geplanten Maßnahmen des Flughafens Köln/Bonn - allgemein**

Zur Ermittlung der aus dem zukünftigen Flugbetrieb resultierenden Geräuschemissionen in der Umgebung des Flughafens Köln/Bonn wurde durch die ACCON GmbH im Auftrag des Flughafens Köln/Bonn ein Flug- und Bodenlärmgutachten erstellt. Die Ergebnisse dieses Gutachtens werden als Basis für die hier vorliegende lärmmedizinische Bewertung herangezogen.

#### **Status Quo**

Für den Status Quo 2015 (und auch in den Prognosefällen) gibt es keine Immissionsorte, bei denen der Wert von 60 dB(A) am Tag überschritten wird. Es gibt jedoch 15 Immissionsorte, bei denen in der Nacht der Wert von 55 dB(A) überschritten wird und ein weiterer Ort, bei dem der Wert von 55 dB(A) erreicht wird.

#### **Prognosefälle**

Im Ergebnis des Flug- und Bodenlärmgutachtens sind im Vergleich zwischen dem Prognosenullfall 2030 und dem Prognoseplanfall 2030 keine relevanten Anstiege der Geräuschpegel durch die geplanten Maßnahmen zu erwarten. Die berechneten Differenzen zwischen Prognosenullfall und Prognoseplanfall bleiben am Tag und in der Nacht bei 0,0 dB(A) Leq gemäß Tabelle 7 des Gutachtens. Ausnahme hiervon ist lediglich der Immissionsort IO\_45 am Tag mit einer Steigerung von 0,1 dB(A). In der Nacht ergeben sich keine Änderungen außerhalb des Flughafengeländes (vergleiche Tabelle 7 des Gutachtens). Somit können auch aus lärmmedizinischer Sicht keine *zusätzlichen* Belastungen oder Gefährdungen für die Gesundheit von Menschen durch Lärm außerhalb des Flughafengeländes erwartet werden. Die gemäß den durchgeführten Berechnungen zukünftig zu erwartenden Lärmpegel (Flug- und Bodenlärm) unterscheiden sich für die einzelnen Immissionsorte im Vergleich zwischen dem Prognosenullfall und dem Prognoseplanfall insgesamt nur unwesentlich.

Eine wesentliche Lärmzunahme von  $> 2\text{dB(A)}/< 5\text{dB(A)}$  wird nur im Bereich der geplanten Abstellpositionen (Vorfeld A) auf dem Flughafengelände selbst erwartet. Relevante Veränderungen in der Geräuschsituation durch die geplanten Maßnahmen sind damit ausschließlich auf dem Flughafengelände zu erwarten.

Aufgrund der geringen Änderung der Lärmbelastung ist eine Zunahme der direkten gesundheitlichen Auswirkungen in Bezug auf Herz-Kreislauf-Erkrankungen, Stressfolgen und Schlafstörungen nicht zu erwarten.

#### **Nachtzeitraum**

Wie bereits beim Status Quo dargestellt, ist der Nachtzeitraum gesondert zu bewerten, da hier bereits im Status Quo 2015 an 15 Immissionsorten der Wert von 55 dB(A) überschritten und an einem Orten erreicht wird. Im Prognoseplanfall und im Prognosenullfall 2030 wird im Nachtzeitraum an 23 Immissionsorten der Wert von 55 dB(A) überschritten und an zwei weiteren Orten erreicht. Es muss daher weiter betrachtet werden, an welchen Orten eine schutzbedürftige Nutzung in der Nacht ausgeübt wird. Dies ist bei Kindertagesstätten und Schulen nicht der Fall. Es sind jedoch im Status Quo bei zwei Senioreneinrichtungen und dem

Krankenhaus Merheim eine schutzbedürftige Nutzung in der Nacht zu berücksichtigen. Im Prognosenullfall und im Prognoseplanfall 2030 ist zusätzlich die schutzbedürftige Nutzung in der Nacht bei einem Kinderheim, zwei Senioreneinrichtungen und einer Wohnbebauung zu berücksichtigen.

#### **4.2. Detaillierte Betrachtung der einzelnen Immissionsorte (IO)**

Es wurden die Werte der Immissionsorte aus dem lärmphysikalischen Gutachten im Einzelnen auf die lärmmedizinischen Wirkungen hin bewertet.

##### **Status Quo**

An keinem Immissionsort wird der Wert von 60 dB(A) am Tag überschritten. An 15 Immissionsorten wird der Wert von 55 dB(A) in der Nacht überschritten. Es handelt sich um die Orte IO\_8, IO\_11, IO\_12, IO\_14, IO\_15, IO\_16, IO\_17, IO\_18, IO\_22, IO\_23, IO\_31, IO\_35, IO\_36, IO\_39 und IO\_41. Erreicht wird der Wert von 55 dB(A) am IO 40. Bei den aufgeführten Orten handelt es sich um

- Senioreneinrichtungen (IO\_40, IO\_41),
- Kindertagesstätten (IO\_8, IO\_11, IO\_12, IO\_14, IO\_15, IO\_16, IO\_17, IO\_31, IO\_35, IO\_36),
- ein Krankenhaus (IO\_18) und
- Schulen (IO\_22, IO\_23, IO\_39).

##### **Prognosefälle**

Da für die überwiegende Zahl der insgesamt 46 beurteilten Immissionsorte (Krankenhäuser, Senioreneinrichtungen, Kinderheime, Kitas und Schulen sowie 3 Orte mit Wohnbebauung im Flughafennahbereich) gemäß dem Flug- und Bodenlärmgutachten im Vergleich zwischen dem Prognosenullfall 2030 und dem Prognoseplanfall 2030 keine vorhabensbedingten Lärmzunahmen erwartet werden, kann auf eine detaillierte Bewertung der einzelnen IO verzichtet werden. Um eine genaue Zuordnung der geringen Lärmzunahmen zu ermöglichen, wird die Tabelle 6 des Flug- und Bodenlärmgutachtens hier nochmal aufgeführt. Die Tabelle 6 mit den berechneten Lärmwerten ist hier die Abb. 4. Der Flug- und Bodenlärm ist demnach an fast allen Immissionsorten im Prognosenullfall und im Prognoseplanfall 2030 identisch. Lediglich an zwei Immissionsorten (IO\_44 und IO\_45) ergeben sich nach Angaben des Gutachtens durch Pegelzunahmen im Hundertstel-dB-Bereich nach Rundung auf eine Nachkommastelle Differenzen von 0,1 dB(A). Die tatsächliche Pegelzunahme liegt jedoch nur am IO\_45 tagsüber bei 0,1 dB(A). Dies zeigt Tabelle 7 im Flug- und Bodenlärmgutachten auf der Grundlage ungerundeter rechnerisch ermittelter Pegel.



ID	Status Quo 2015		DES Prognoseunfall 2030		DES Prognoseplanfall 2030	
	L <sub>eq</sub> Tag	L <sub>eq</sub> Nacht	L <sub>eq</sub> Tag	L <sub>eq</sub> Nacht	L <sub>eq</sub> Tag	L <sub>eq</sub> Nacht
	dB(A)	dB(A)	dB(A)	dB(A)	dB(A)	dB(A)
IO_01	47,7	47,3	48,9	49,1	48,9	49,1
IO_02	48,7	48,4	50,0	50,4	50,0	50,4
IO_03	47,3	47,0	48,6	48,7	48,6	48,7
IO_04	49,0	50,6	50,1	51,3	50,1	51,3
IO_05	48,7	50,3	49,7	50,9	49,7	50,9
IO_06	51,9	53,3	52,9	54,0	52,9	54,0
IO_07	47,8	49,3	48,7	49,9	48,7	49,9
IO_08	58,1	58,5	59,3	59,1	59,3	59,1
IO_09	54,1	54,5	55,2	55,2	55,2	55,2
IO_10	54,5	54,8	55,6	55,5	55,6	55,5
IO_11	55,2	55,6	56,4	56,3	56,4	56,3
IO_12	58,5	58,9	59,6	59,5	59,6	59,5
IO_13	53,9	54,3	55,1	55,0	55,1	55,0
IO_14	56,4	56,8	57,6	57,4	57,6	57,4
IO_15	54,9	55,2	56,0	55,9	56,0	55,9
IO_16	55,4	55,7	56,5	56,4	56,5	56,4
IO_17	56,1	56,5	57,3	57,1	57,3	57,1
IO_18	55,4	55,8	56,6	56,5	56,6	56,5
IO_19	53,3	53,7	54,5	54,3	54,5	54,3
IO_20	53,4	53,8	54,6	54,5	54,6	54,5
IO_21	51,0	51,1	52,1	51,8	52,1	51,8
IO_22	55,8	56,2	57,0	56,9	57,0	56,9
IO_23	55,6	56,0	56,8	56,7	56,8	56,7
IO_24	50,8	50,9	51,8	51,5	51,8	51,5
IO_25	52,4	52,8	53,6	53,4	53,6	53,4
IO_26	51,5	51,6	52,6	52,3	52,6	52,3
IO_27	52,5	52,9	53,6	53,5	53,6	53,5
IO_28	51,6	51,7	52,6	52,4	52,6	52,4
IO_29	49,2	47,8	50,4	49,4	50,4	49,4
IO_30	55,0	54,5	56,2	56,2	56,2	56,2
IO_31	56,4	56,0	57,5	57,4	57,5	57,4
IO_32	53,6	53,0	54,8	54,6	54,8	54,6
IO_33	54,3	53,7	55,4	55,2	55,4	55,2
IO_34	50,0	50,4	50,9	51,3	50,9	51,3
IO_35	55,3	56,1	56,3	56,9	56,3	56,9
IO_36	58,2	58,9	59,3	59,8	59,3	59,8
IO_37	55,0	54,8	56,1	56,0	56,1	56,0
IO_38	54,4	53,9	55,5	55,3	55,5	55,3
IO_39	57,7	58,6	58,8	59,4	58,8	59,4
IO_40	54,0	55,0	55,0	55,8	55,0	55,8
IO_41	54,7	55,7	55,7	56,5	55,7	56,5
IO_42	54,8	54,1	56,0	56,0	56,0	56,0
IO_43	51,0	51,0	52,1	52,1	52,1	52,1
IO_44	55,7	54,0	56,3	55,0	56,4	55,0
IO_45	55,5	53,5	56,0	54,3	56,1	54,4
IO_46	54,5	52,6	55,1	53,5	55,1	53,5

Abbildung 4: Aufgeführt sind die Leq Werte an den Immissionsorten. Diese Tabelle ist eine Kopie der Tabelle 6 aus dem Flug- und Bodenlärmgutachten ACCON 2016

Die in der Abbildung 4 aufgeführten Immissionsorte lassen sich folgendermaßen zuordnen:

- Kliniken IO\_1, IO\_2, IO\_6, IO\_7,
- Kinderheime IO\_3, IO\_29, IO\_33, IO\_34,
- Senioreneinrichtungen IO\_4, IO\_5, IO\_24 – IO\_28, IO\_32, IO\_40, IO\_41,
- Kindertagesstätten IO\_8 – IO\_17, IO\_30, IO\_31, IO\_35 – IO\_38, IO\_42,
- Krankenhaus IO\_18 – IO\_21,
- Schulen IO\_22, IO\_23, IO\_39,
- Jugendheim IO\_43,
- Wohngebäude im Ortsteil Grengel IO\_44 – IO\_46.

Im Status Quo 2015 werden an 15 Immissionsorten die nächtlichen Lärmpegel (Leq) gemäß FluLärmG von 55 dB(A) um bis zu 3,9 dB(A) überschritten und an einem weiteren Immissionsort erreicht.

Soweit diese Einrichtungen ihren Betrieb lediglich am Tage aufnehmen, wie es bei Kindertagesstätten oder auch Schulen üblich ist, sind die lediglich nachts auftretenden Pegelüberschreitungen für die Gesundheit und Entwicklung der Kinder und dort Berufstätigen nicht relevant (so die nächtliche Pegelüberschreitung von 3,9 dB(A) bei zwei Kindertagesstätten – IO\_12 und IO\_36).

Bei anderen schutzbedürftigen Einrichtungen wie dem Krankenhaus (IO\_18) und den Senioreneinrichtungen (IO\_40, IO\_41) mit einem 24 Stunden Betrieb bei der Behandlung von Patienten bzw. Versorgung der Bewohner wird auf eine Einhaltung der Werte gemäß Fluglärmschutzgesetz geachtet. Konkret erfolgt dies in den rechnerisch ermittelten und ausgewiesenen Schutzzonen durch passiven Schallschutz. Bei allen Einrichtungen in der festgesetzten Nachtschutzzone mit einer schutzbedürftigen Nutzung in den Nachtstunden besteht ein Anspruch auf passiven Schallschutz. Da die nächtlichen Lärmpegel prognostisch bis zum Jahre 2030 (wenn auch nur geringfügig) steigen werden und die Überschreitung der Pegel gemäß Fluglärmschutzgesetz (d.h. über 55 dB(A) nachts) im Prognosenullfall 2030 und im Prognoseplanfall 2030 von aktuell 15 betroffenen Immissionsorten (plus einem bei dem 55 dB(A) erreicht wird) auf insgesamt 23 (plus zwei bei denen 55 dB(A) erreicht werden) steigt (davon insgesamt 6 mit einer schutzbedürftigen nächtlichen Nutzung), wird empfohlen, den erforderlichen passiven Schallschutz nach Maßgabe des FluLärmG umzusetzen.

Es ist festzuhalten, dass alle Immissionsorte mit einem mittleren Dauerschallpegel über 55 dB(A) nachts bereits heute einen Anspruch auf passiven Schallschutz haben.

## 5. Literatur

1. Babisch W, van Kamp I (2009) Exposure-response relationship of the association between aircraft noise and the risk of hypertension. *Noise & health* 44(11): 161-168.
2. Basner M, Buess H, Elmenhorst D, Gerlich A, Luks N, Maaß H, Mawet L, Müller EW (2004) *Nachtflugwirkungen Band 1 Zusammenfassung DLR 1-93 – Teilprojekt “Feldstudie” Flughafen Köln/Bonn*
3. Basner M, Brink M, Elmenhorst EM (2012) Critical appraisal of methods for the assessment of noise effects on sleep. *Noise Health* 14(61): 321-9.
4. Brink M, Wirth KE, Schierz C, Thomann G, Bauer G (2008) Annoyance responses to stable and changing aircraft noise exposure. *J Acoust Soc Am* 124(5): 2930-41.
5. Brown AL, van Kamp I (2009a) Response to a change in transport noise exposure: A review of evidence of a change effect. *J Acoust Soc Am* 125(5): 3018-29.
6. Brown AL, van Kamp I (2009b) Response to a change in transport noise exposure: Competing explanations of change effects. *J Acoust Soc Am* 125(2): 905-14.
7. Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz (1971) Gesetz zum Schutz gegen Fluglärm, Neugefasst durch Bek. v. 31.10.2007 I 2550.
8. Doll R, Peto R, Boreham J, Sutherland I (2004) Mortality in relation to smoking: 50 years' observations on male British doctors. *British Medical Journal*  
doi:10.1136/bmj.38142.554479.AE
9. European Commission (2002) Position paper on dose response relationships between transportation noise and annoyance. EU's FUTURE NOISE POLICY, WG2 - Dose/Effect Available from: URL:  
[http://ec.europa.eu/environment/noise/pdf/noise\\_expert\\_network.pdf](http://ec.europa.eu/environment/noise/pdf/noise_expert_network.pdf)
10. Fields JM (1993) Effects of personal and situational variables on noise annoyance in residential areas. *J Acoust Soc Am* 93(5): 2753-63.
11. Finegold LS (2010) Sleep disturbance due to aircraft noise exposure. *Noise Health* 12(47): 88-94.
12. Finke HO, Martin R, Guski R, Rohrman B, Schümer R, Schümer-Kohrs A (1975) Effects of aircraft noise on man. *Journal of Sound and Vibration* 43(2): 335-49.
13. Franssen EAM, van Wiechen CMAG, Nagelkerke NJD, Lebet E (2004) Aircraft noise around a large international airport and its impact on general health and medication use. *Occup Environ Med* 61: 405-413.
14. Greiser E, Jansen K, Greiser C (2006) Beeinträchtigung durch Fluglärm: Arzneimittelverbrauch als Indikator für gesundheitliche Beeinträchtigungen
15. 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](http://www.dfld.de/Downloads/Greiser_090601_RheinSiegKreis.pdf)  
(zuletzt geprüft am 13.09.2012.
16. Greiser E, Greiser C (2015) Umgebungslärm und Gesundheit am Beispiel Bremen. Umweltforschungsplan des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit. Texte 105/2015.

17. Griefahn, B.; Basner, M.; Marks, A.; Kunemund, C. (2005): Awakenings by road-, rail- and air-traffic noise. In: Acta Acustica united with Acustica.
18. Griefahn, B.; Basner, M. (2011): Verkehrslärm - Wirkungen auf Schlaf und Leistung. In: Arbeitsmed.Sozialmed.Umweltmed.
19. Griefahn B, Basner M (2011) Traffic noise - Effects on sleep and performance. Arbeitsmedizin Sozialmedizin Umweltmedizin 46(4): 280-8.
20. Guski R (1999) Personal and social variables as co-determinants of noise annoyance. Noise Health 1(3): 45-56.
21. Guski R, Schreckenberg D (2015) Noise- related annoyance, cognition, and health - (NORAH)-Studie. Gemeinnützige Umwelthaus GmbH Available from: URL: <http://www.laermstudie.de>
22. Haralabidis AS, Dimakopoulou K, Velonaki V, Barbaglia G, Mussin M, Giampaolo M, Selander J, Pershagen G, Dudley ML, Babisch W, Swart W, Katsouyanni K, Jarup L (2011) Can exposure to noise affect the 24 h blood pressure profile? Results from the HYENA study. J Epidemiol Community Health 65(6): 535-41.
23. Hoffmann W, Erdmann E (2015) Gesamtstellungnahme des WBQ zur NORAH-Studie – Modul 2.1 (Sekundärdatenbasierte Fall-Kontroll-Studie mit vertiefter Befragung). In Guski R, Schreckenberg D: NORAH Verkehrslärmwirkungen im Flughafenumfeld - Endbericht, Hrsg. Gemeinnützige Umwelthaus GmbH Kelsterbach.
24. Hume K, Terranova D, Thomas C (2002) Complaints and annoyance caused by aircraft operations: Temporal patterns and individual bias. Noise and Health 4(15): 45-55.
25. Janssen SA, Vos H, van Kempen EEMM, Breugelmans O, Miedema HME (2011) Trends in aircraft noise annoyance: The role of study and sample characteristics. J Acoust Soc Am 129(4): 1953-62.
26. Job RFS (1988) Community response to noise: A review of factors influencing the relationship between noise exposure and reaction. J Acoust Soc Am 83(3): 991-1001.
27. Jue GM, Shumaker SA, Evans GW (1984) Community opinion concerning airport noise-abatement alternatives. Journal of Environmental Psychology 4(4): 337-45.
28. Klatte M, Bergström K, Lachmann T (2013) Does noise affect learning? A short review on noise effects on cognitive performance in children. Frontiers in Psychology 4: Article 578.
29. Kroesen M, Molin EJE, Miedema HME, Vos H, Janssen SA, van Wee B (2010) Estimation of the effects of aircraft noise on residential satisfaction. Transportation Research Part D 15(3): 144-53.
30. Maaß H, Basner M (2006) Effects of nocturnal aircraft noise (volume 3): stress hormones. DLR-Forschungsbericht 2004-09/E.
31. Marth E, Gallasch E, Fueger GF, Möse JR (1988) Fluglärm: Veränderung biochemischer Parameter. Zbl. Bakt. Hyg. B 185: 498-508.
32. Michaud DS, Fidell S, Pearsons K, Campbell KC, Keith SE (2008) Review of filed studies of aircraft noise-induced sleep disturbance. Noise and Vibration Bulletin .
33. Miedema HME, Vos H (1999) Demographic and attitudinal factors that modify annoyance from transportation noise. J Acoust Soc Am 105(6): 3336-44.

34. Nykaza ET, Hodgdon KK, Gaugler T, Kreckler P, Luz GA (2013) On the relationship between blast noise complaints and community annoyance. *J Acoust Soc Am* 133(5): 2690-8.
35. 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](https://schlafmedizin.charite.de/fileadmin/user_upload/microsites/kompetenzzentren/schlafmedizin/docs/ManSum_230417N.pdf) (zuletzt geprüft am 4.8.2017).
36. Petz M (2016) Planfeststellungsverfahren Flughafen Köln/Bonn Flug- und Bodenlärmgutachten. Bericht ACB-0716-7237/06. ACCON GmbH, 19.08.2016.
37. Schmidt FP, Basner M, Kroger G, Weck S, Schnorbus B, Muttray A, Sariyar M, Binder H, Gori T, Warnholtz A, Munzel T (2013) Effect of nighttime aircraft noise exposure on endothelial function and stress hormone release in healthy adults. *Eur Heart J* 34(45): 3508-3514.
38. Schmidt F, Kolle K, Kreuder K, Schnorbus B, Wild P, Hechtner M, Binder H, Gori T, Munzel T (2015) Nighttime aircraft noise impairs endothelial function and increases blood pressure in patients with or at high risk for coronary artery disease. *Clin Res Cardiol* 104(1): 23-30.
39. Seidler A, Wagner M, Schubert M, Dröge P, Hegewald J (2015) Sekundärdatenbasierte Fall-Kontroll-Studie mit vertiefender Befragung. In Guski R, Schreckenber D: NORAH Verkehrslärmwirkungen im Flughafenumfeld - Endbericht Band 6, Hrsg Gemeinnützige Umwelthaus GmbH Kelsterbach [www.laermstudie.de/fileadmin/files/Laermstudie/Krankheitsrisiken\\_Wiss\\_Ergebnisbericht.pdf](http://www.laermstudie.de/fileadmin/files/Laermstudie/Krankheitsrisiken_Wiss_Ergebnisbericht.pdf) (zuletzt geprüft am 23. Juni 2016).
40. Stansfeld SA, Berglund B, Clark C, Lopez-Barrío I, Fischer P, Ohrström E, Haines MM, Head J, Hygge S, van Kamp I, Berry BF, RANCH study team (2005) Aircraft and road traffic noise and children's cognition and health: a cross-national study. *Lancet* 365(9475): 1942-9.
41. Visser O, van Wijnen JH, van Leeuwen FE (2005) Incidence of cancer in the area around Amsterdam Airport Schiphol in 1988–2003: a population-based ecological study. *BMC Public Health* 5: 127.
42. Wirth K, Brink M, Schierz C (2004) Swiss Noise Study 2000: Noise annoyance around the airport Zurich. *Zeitschrift für Lärmbekämpfung* 51(2): 48-56.
43. WHO Regional Office for Europe (2009) Night noise guidelines for Europe. WHO, Copenhagen, Dänemark, ISBN 978 92 890 4173 7.