



# **Evaluierung der Forschung zur Wirkung von Fluglärm auf den Menschen**

Management Summary

Interdisziplinäres Schlafmedizinisches Zentrum  
Charité – Universitätsmedizin Berlin

**Koordination:**

Prof. Dr. rer. physiol. Dipl. Phys. Thomas Penzel,  
Interdisziplinäres Schlafmedizinisches Zentrum, Charité,  
Charité – Universitätsmedizin Berlin, Charitéplatz 1, 10117 Berlin

**Expertenteam:**

Prof. Ian Flindell, Universität Southampton  
Prof. Dr. Rainer Höger, Leuphana Universität, Lüneburg  
Prof. Dr. Ursula Krämer, Leibniz-Institut für Umweltmedizinische Forschung, Düsseldorf  
Prof. Dr. Thomas Penzel, Charité, Berlin  
Prof. Dr. Michael Schlander, Universität Heidelberg und Institute for Innovation & Valuation  
Health Care (InnoVal<sup>HC</sup>), Wiesbaden  
Prof. Dr. Joachim Vogt, Technische Universität Darmstadt  
Prof. Dr. Dr. H.-Erich Wichmann, ehem. Helmholtz Zentrum München und Universität  
München

**Weitere Beteiligte:**

Sandra Zimmermann, Dipl.-Psych., Charité Berlin  
Dr. Martin Glos, Dipl.-Ing., Charité Berlin  
Maria Renelt, M.Sc., Charité Berlin  
Kathrin Sommerfeld, M.Sc., TU Darmstadt  
Henrik Hertel, TU Darmstadt  
Franziska Koch, M.Sc., TU Darmstadt  
Ann-Christin Pfeifer, M.Sc., TU Darmstadt  
Darya Yatsevich, B.Sc., TU Darmstadt  
Svea Mißfeldt, M.Sc., Leuphana Universität, Lüneburg  
Libin Yao, B.Sc., M.A., Institute for Innovation & Valuation in Health Care, InnoVal<sup>HC</sup>,  
Wiesbaden

**Auftraggeber:**

Bundesverband der Deutschen Luftverkehrswirtschaft e. V. (BDL)



# **Evaluierung der Forschung zur Wirkung von Fluglärm auf den Menschen**

**Interdisziplinäres Schlafmedizinisches Zentrum  
Charité – Universitätsmedizin Berlin**

Version 1.1, 09. Februar 2018

## 1 MANAGEMENT SUMMARY

Der Festlegung der Auslöseschwellen im Gesetz zum Schutz der Bevölkerung gegen Fluglärm im Jahr 2007 lagen die damaligen Erkenntnisse der Lärmwirkungsforschung zugrunde. Seitdem wurden weitere Studien durchgeführt und publiziert. Im Gesetz ist festgehalten, dass die Bundesregierung dem Deutschen Bundestag spätestens im Jahre 2017 Bericht über die Überprüfung der Auslöseschwellen, unter anderem unter Berücksichtigung des Standes der Lärmwirkungsforschung, erstatten muss. Daher sollten Experten die seitdem erlangten Erkenntnisse der Lärmwirkungsforschung analysieren und bewerten. Die Ableitung von Maßnahmen zum Schutz der Bevölkerung war nicht Gegenstand der hier vorliegenden Evaluierung der bisherigen Vorgehensweisen und Ergebnisse der Lärmwirkungsforschung.

Ein Team aus sieben Experten der Fachgebiete Medizin, Psychologie, Epidemiologie, Statistik und Ökonomie hat den aktuellen Forschungsstand zur Wirkung von Fluglärm auf den Menschen erhoben. Dazu wurden wissenschaftliche Literatur aus Fachzeitschriften und Fachbüchern sowie weitere Veröffentlichungen der Jahre 1970 bis 2015 anhand eines gemeinsam entwickelten Kriterienkatalogs bewertet.

Die **NORAH**-Studie (**Noise related annoyance, cognition and health**), die von 2011 bis 2014 durchgeführt wurde, ist die umfangreichste Studie zu gesundheitlichen Belastungen durch Fluglärm in Deutschland. Seit Ende 2015 liegen Veröffentlichungen zu allen Modulen der methodisch gut angelegten Studie vor. Diese werden wegen ihrer Bedeutung für die Wirkungsforschung zum Fluglärm in Deutschland im Folgenden gesondert zusammengefasst und bewertet.

Fluglärmaxposition kann zu körperlichen und psychischen Reaktionen führen, aus denen sich unter Umständen Krankheiten entwickeln können. Diese Reaktionen nehmen in der Regel mit steigender Lautstärke zu. Daneben spielen die Stärke und Anzahl der Einzelschallpegel sowie die jeweiligen Geräuscheigenschaften, die Tageszeit und die persönliche Verfassung eine wichtige Rolle.

Wirkzusammenhänge wie zum Beispiel der Zusammenhang zwischen Fluglärmaxposition und Selbstangaben der Belästigung lassen sich in Form von Expositions-Wirkungs-Kurven aufzeigen. Allerdings sind in den betrachteten epidemiologischen Studien oft weitere Einflüsse vorhanden, die sich nicht immer gut separieren lassen. Dies kann zu einer falsch angenommenen Beziehung, zu einer Unter- aber auch Überschätzung des gefundenen Effekts führen und macht eine kausale Interpretation nicht ohne Weiteres möglich.

Bei der Interpretation der beobachteten Wirkungen ist weiter zu berücksichtigen, dass sich die derzeitige Belastung durch Fluglärm von den Belastungssituationen in den Studien mit länger zurückliegender Datenerfassung zum Teil deutlich unterscheidet. So sind die Lärmemissionen einzelner Flugzeuge in den letzten zwanzig Jahren deutlich zurückgegangen, parallel dazu haben die Flugbewegungen stark zugenommen. Ferner haben sich die akustischen Charakteristika des Fluglärms und die Anzahl exponierter Personen verändert.

Die Evaluierung der Lärmwirkungsforschung nach 2007 unter Einschluss der NORAH-Studie zeigt zusammengefasst, dass die Erkenntnisse über die Wirkungen von Fluglärm auf das Belästigungsempfinden, das kardiovaskuläre System, den Schlaf und auf das Leseverständnis von Kindern bestätigt worden sind. Das Ausmaß dieser Wirkungen kann nun genauer beschrieben werden. Mögliche Auswirkungen auf andere Organsysteme und Krankheitsbilder sind auch nach heutigem Forschungsstand noch nicht ausreichend genau belegt. Für viele Fragen zum Zusammenhang von Fluglärm und gesundheitlichen Auswirkungen ist die Datenlage unzureichend. Forschungsbedarfe sind im Fazit des jeweiligen Fachgebiets ausgewiesen.

### **Die Ergebnisse der Literaturanalyse im Überblick:**

Es gibt Zusammenhänge zwischen Fluglärmaxposition und Selbstangaben zum Ausmaß der empfundenen **Belästigung**, die sich in Expositions-Wirkungs-Kurven darstellen lassen. Bereits in den 1970er Jahren wurde vereinfacht abgeschätzt, dass maximal ein Drittel der Belästigungsreaktion durch jene akustischen Faktoren aufgeklärt werden kann, auf die sich die Forschung lange Zeit konzentrierte. So zeigen Expositions-Wirkungs-Beziehungen aus neueren Studien höhere Belästigungen bei

gleichen mittleren Fluglärmpegeln als solche aus älteren Studien an. Das komplexe und dynamische Beziehungsgeflecht zwischen akustischen, nicht-akustischen Faktoren wie zum Beispiel die Einstellung zur Lärmquelle, weitere Belastungen und Belästigung konnte bislang nicht vollständig geklärt werden, weil es an ganzheitlichen Ansätzen mangelt, die außer der einseitigen Wirkung von Exposition auf Belästigung weitere Faktoren und deren Interaktionen betrachten.

In der NORAH-Studie war die selbstberichtete **Belästigung** im Umfeld des Frankfurter Flughafens deutlich höher als in vorangegangenen Studien und auch höher als die standardisierte Lärm-Belästigungs-Kurve der EU. Im Vergleich zum Anstieg der Belästigung seit 2005 sind die Änderungen zwischen 2011 und 2013, also vor und nach der Eröffnung der neuen Landebahn, relativ gering. Es gibt Hinweise auf eine zunehmende Bedeutung nicht-akustischer Faktoren für die Belästigung, wie wahrgenommene Kontrolle, Vertrauen gegenüber Autoritäten und die Einstellung zum Luftverkehr insgesamt.

Verkehrslärm kann eine Belastung des **Herz-Kreislauf-Systems** darstellen. Ein Zusammenhang zwischen einer Fluglärmbelastung und **Bluthochdruck** wurde – abhängig unter anderem von der Höhe und Dauer der Exposition – in den Studien, die sich mit dieser Fragestellung befassten, festgestellt. Allerdings wurden an verschiedenen Flughäfen unterschiedlich stark ausgeprägte Zusammenhänge ermittelt, und die Assoziationen waren nicht immer statistisch signifikant. Ferner zeigt sich in stärker durch Fluglärm belasteten Regionen ein etwas erhöhter Gebrauch von Herz-Kreislauf-Medikamenten. Auch werden bei Fluglärmbelastungen, die über 60 dB(A) ( $L_{dn}$ ) liegen, Herz-Kreislauf-Erkrankungen häufiger diagnostiziert.

In der NORAH-Studie wurde die Stärke des Zusammenhangs zwischen Blutdruck und nächtlichem Lärm bei gesunden Personen ohne **Bluthochdruck** untersucht. Insgesamt zeigte sich kein signifikanter Zusammenhang. Der systolische Blutdruck war im Mittel pro 10 dB(A) höherem Fluglärm in der Nacht um 1,2 mmHg höher. Dieser niedrige Effekt entspricht den Beobachtungen aus den wenigen anderen Studien, die den Zusammenhang zwischen Blutdruck und Lärm untersuchen. Bei **Herz-Kreislauf-Erkrankungen** ergab sich in NORAH weder für den Herzinfarkt noch für den Schlaganfall eine klare Expositions-Wirkungs-Beziehung. Die für den Herzinfarkt teilweise erhöhten Risiken in den höheren Expositionsstufen waren nicht statistisch abgesichert. Bei der Herzinsuffizienz war das Risiko bei der Betrachtung kontinuierlicher Expositionsvariablen statistisch signifikant erhöht, bei der Auswertung nach Expositions-kategorien aber zeigte sich keine klare Expositions-Wirkungs-Beziehung.

Einige primäre Wirkungen von Fluglärm auf die **Schlafqualität** (Aufwachreaktionen, Zunahme von Bewegungen, Länge einzelner Schlafphasen) sowie einige sekundäre Wirkungen (Tagesschläfrigkeit, Beurteilung der Schlafqualität) sind belegt. Das Ausmaß dieser Wirkungen ist meist gering.

In der NORAH-Studie wurde ähnlich wie in einer früheren Studie um den Flughafen Köln die **Wahrscheinlichkeit**, wegen Fluglärms **aus dem Schlaf zu erwachen**, untersucht. Auf sogenannte Frühschläfer (22:00 bis 6:30 Uhr) hatte die Einführung der Kernruhezeit am Frankfurter Flughafen einen positiven Effekt: Die Aufwachhäufigkeit wurde geringer. Personen, die dem Flughafen und den Änderungen des Flugbetriebes eher positiv gegenüberstehen, reagierten weniger stark auf den Fluglärm. Insgesamt war der Zusammenhang zwischen Aufwachwahrscheinlichkeit und dem nächtlichen Fluglärm ganz ähnlich zu den früheren Beobachtungen um den Flughafen Köln.

Für intensive Fluglärmbelastung (wie militärischen Tieffluglärm) ist ein deutlicher Zusammenhang mit der Ausschüttung von **Stresshormonen** nachgewiesen. Für Pegelbereiche des zivilen Luftverkehrs sind die Befunde uneinheitlich.

In der NORAH-Studie fand sich ein Zusammenhang zwischen der Fluglärmexposition und verschiedenen Aspekten des selbstberichteten **Gesundheitsstatus**. Ferner bestand bei höherer Fluglärmbelastung eine höhere Wahrscheinlichkeit für die Einnahme von Beruhigungsmitteln als bei niedrigerer Belastung.

Die Frage, ob Fluglärm sich während der **Schwangerschaft** und in der ersten Zeit nach der Geburt gesundheitlich auf das Kind auswirkt, lässt sich aus wissenschaftlicher Sicht derzeit nicht beantworten, da hierzu belastbare Studien fehlen.

Die Studien zur Beeinträchtigung des **Hörvermögens bei Kindern** durch Fluglärm zeigen entweder keine nachweisbare Einschränkung oder haben aufgrund methodischer Mängel keine hinreichende Aussagekraft. Aufgrund der üblicherweise in der Umgebung ziviler Flughäfen auftretenden Maximalpegel sind Hörschäden auch nicht zu erwarten.

Es gibt derzeit keine belastbaren Untersuchungen, die einen Einfluss von Fluglärm auf die **Krebsentstehung** belegen würden.

Insgesamt ist die Befundlage zum Zusammenhang zwischen Fluglärm und **psychischen Erkrankungen** wenig belastbar. Es gibt Hinweise, dass das Ausmaß von Hyperaktivität bei Kindern mit der Höhe der Fluglärmbelastung zunimmt.

In der NORAH-Studie zeigte sich, dass das Risiko für eine Depression bei der Betrachtung kontinuierlicher Expositionsvariablen statistisch signifikant erhöht war; bei der Auswertung nach Expositions-kategorien aber zeigte sich insbesondere in den höheren Expositionsstufen kein erhöhtes Risiko.

Als gesichert kann gelten, dass Fluglärm einen messbaren, aber vergleichsweise geringen Einfluss auf die **Lesefähigkeit von Kindern** hat. Nach starker Reduktion des Fluglärms scheint dieser Effekt reversibel zu sein.

Die NORAH-Studie zeigt für den Einzugsbereich des Frankfurter Flughafens, dass Grundschulkinder in vergleichsweise stark von Fluglärm belasteten Gebieten langsamer lesen lernen. Fluglärmeffekte sind jedoch im Vergleich zu anderen Einflüssen wie den Deutschkenntnissen der Kinder oder der Anzahl von Kinderbüchern im Haushalt geringer. Entgegen den zuvor formulierten Forschungshypothesen wurden keine Auswirkungen auf sogenannte Vorläuferfähigkeiten (zum Beispiel Verstehen von Worten) festgestellt.

Der Forschungsstand zu den **ökonomischen Folgen von Fluglärm** ist außerordentlich lückenhaft. Die wenigen bislang unternommenen Versuche einer Abschätzung fluglärmbedingter direkter oder indirekter Gesundheitskosten sind aufgrund methodischer Mängel als nicht verlässlich einzustufen. Damit fehlt zugleich eine wesentliche Voraussetzung für die Durchführung belastbarer Kosten-Nutzen-Analysen des Flugverkehrs.



## Impressum

### **Herausgeber:**

Charité Universitätsmedizin Berlin  
Interdisziplinäres Schlafmedizinisches Zentrum  
Prof. Dr. Thomas Penzel  
Charitéplatz 1  
10117 Berlin

### **Kontakt:**

Prof. Dr. Thomas Penzel  
Tel. 030-450513022

### **Projektleitung:**

Prof. Dr. Thomas Penzel

### **Gestaltung/Layout und Grafik:**

Dmitry Zhukov

### **Druck:**

Pinguin Druck GmbH  
Marienburger Str. 16  
10405 Berlin  
Tel: +49 (0)30 4432 4050  
E-Mail: service@pinguin.de

### **Bildnachweis:**

Die Abbildungen stammen aus den jeweils in den Legenden angegebenen Quellen.



<https://schlafmedizin.charite.de/forschung/publikationen/>

Version 1.1, 09.02.2018

Zum besseren Verständnis wurden folgende Präzisierungen vorgenommen: In Abb. 3 wurde die Pegelhäufigkeit für Landeanflüge ergänzt. In Abb. 7 wurden die fehlende Beschriftung der y-Achse ergänzt und die Quellenangabe vervollständigt. In Abb. 9 wurde die Quellenangabe ergänzt. In Abb. 12 wurden die Überschrift und Legende präzisiert. Auf Seite 53, letzter Absatz, wurde der Text geändert („lärnexponiert“ durch „in einem Gebiet mit Lärmbelastung der höchsten Kategorie“ ersetzt).

Die Autoren bedanken sich für diese Hinweise eines aufmerksamen Lesers.

Berlin, 09. Februar 2018

