

## Einfluss von Fluglärm in den Nachtrandstunden auf Schlafqualität und Befindlichkeit von Flughafenwohnern

Mark BRINK, Regula ROMETSCH, Katja WIRTH und Christoph SCHIERZ  
 Institut für Hygiene und Arbeitsphysiologie, NW-F83, Eidgenössische Technische Hochschule Zürich  
 Clausiusstrasse 25, CH-8092 Zürich, Email: brink@ethz.ch

### Einleitung

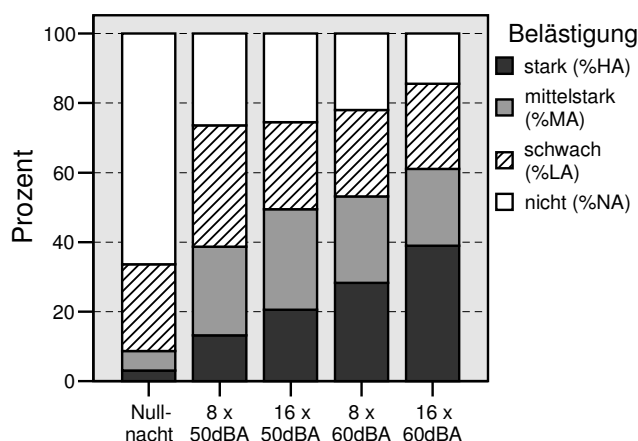
Bei der Festlegung der Nachtflugsperrzeiten von Flughäfen stehen immer wieder deren Dauer, d.h. Beginn und Ende zur Diskussion, aber nur selten eine gänzliche Aufhebung dieses Verbots. Am Beispiel des Flughafens Zürich kann verdeutlicht werden, dass trotz 6-stündigem Nachtflugverbot ein Grossteil der Bevölkerung spätabends und am frühen Morgen im Schlaf durch Fluglärm betroffen ist. Aus der Schlaforschung ist indes bekannt, dass gerade der Schlaf am Anfang und am Ende der Nacht am empfindlichsten auf Störungen reagiert. Um den Einfluss von Fluglärm während der Einschlaf- und Aufwachphase auf die Schlafqualität und Befindlichkeit der Bevölkerung zu untersuchen, wurde bei 60 Versuchspersonen (Vpn) ein je 30-tägiges Feldexperiment durchgeführt. Die Vpn wurden in ihrem Schlafzimmer während der Einschlaf- oder Aufwachphase mittels eines Lautsprechers mit simuliertem Fluglärm und teilweise Strassenlärm beschallt. Mit der vorliegenden Studie sollte die Frage entschieden werden können, zu welcher Tages- bzw. Nachtzeit (erste vs. zweite Hälfte des Nachtschlafs) der Mensch am empfindlichsten auf Fluglärm reagiert und welches Gewicht hierbei verschiedenen Pegel-Häufigkeitskombinationen von Flugzeugüberflügen zukommt.

### Methode

Innerhalb einer jeweils 30-tägigen Experimentalperiode wurden 60 Vpn in ihrem eigenen Schlafzimmer in jeweils 4 Nächten gar nicht („Nullnächte“), in 16 Nächten mit Fluglärm und in 4 Nächten mit Strassenlärm aus einem Lautsprecher kontrolliert beschallt. Die dafür verwendeten Geräusche waren zuvor in der Nähe des Flughafens Zürich im Quasi-Freifeld auf DAT aufgezeichnet und für die Innenraumsituation gefiltert worden. In den Fluglärmnächten wurden der Maximalpegel  $L_{AS,max}$ , die Häufigkeit und die Nachtzeit (abends/morgens) der Fluglärmereignisse variiert, in den 4 Strassenlärmnächten nur die Nachtzeit. Die Experimentalperiode gliederte sich für jede Vp in zwei Blöcke à jeweils 12 Nächte. Im einen Block wurde der simulierte Lärm jeweils am Abend, während eineinhalb Stunden, nachdem die Vp zu Bett gegangen war, im anderen Block während eineinhalb Stunden, bevor die Vp üblicherweise aufstand, eingespielt. Während diesen jeweils eineinhalbstündigen Beschallungsphasen wurden vier verschiedene Kombinationen von Häufigkeit (8 oder 16 Überflüge) und Maximalpegel ( $L_{AS,max}$  50 oder 60 dB) für die Fluglärmsimulation realisiert, wobei alle Einzelflugsimulationen innerhalb einer Nacht denselben Maximalpegel aufwiesen. Die am Ohr des Schläfers erreichten Pegel der einzelnen simulierten Flüge wurden zu diesem Zweck bei jeder Versuchsinstallation im Schlafräum einzeln eingemessen. Die Strassenlärmsimulation bestand aus 20 ca. 1-minütigen Strassenläraufnahmen und wurde so kalib-

riert, dass der 1.5-Stunden-Leq dem Leq des Fluglärm-Beschallungsprogramms mit 8 x 60 dBA-Flügen entsprach.

Zur Ermittlung der Belästigungsparameter und der subjektiven Schlafqualität mussten die Vpn jeden Morgen und jeden Abend ein sogenanntes „Befindlichkeitstagebuch“ ausfüllen. Die meisten Reaktionsvariablen wurden hierbei mittels einer von der ICBEN empfohlenen 11-Punkte-Skala erhoben.



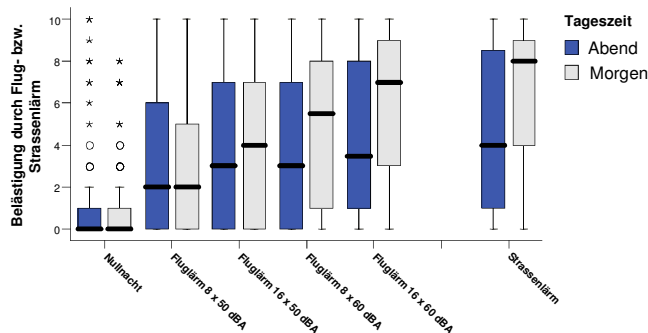
**Abbildung 1:** Anteil der stark belästigten (HA=highly annoyed), mittelstark belästigten (MA=middle annoyed), schwach belästigten (LA=little annoyed) und nicht belästigten (NA=not annoyed) Personen durch Fluglärm in der Nacht (nach ICBEN-Kriterien), abhängig von Maximalschallpegel und Häufigkeit der Fluggeräusche. (Datengrundlage: 229 Nullnächte, 829 Lärmnächte)

### Ergebnisse

Die Auswertungen des Befindlichkeitstagebuches zeigten, dass die subjektiv erlebte Schlafqualität in Lärmnächten gegenüber Nullnächten verschlechtert war. Den Vpn fiel das Einschlafen schwerer, sie schiefen unruhiger und weniger tief und empfanden den Schlaf als weniger erholsam. Die subjektive eingeschätzte Schlafdauer war während des Blockes mit Morgenlärm kürzer als bei Abendlärm. Die selbstberichteten Aufwachreaktionen (infolge Fluglärms) traten in Nächten mit simuliertem Fluglärm häufiger auf. Auch die totale (nicht einer bestimmten Ursache zugeordnete) Anzahl Aufwachreaktionen war gegenüber Nullnächten erhöht. Der Anteil belästigter Personen war in Lärmnächten gegenüber Nullnächten erhöht. In Lärmnächten fühlten sich zwischen 73% und 86% (abhängig von der Lärmquelle und der Pegel-Häufigkeitskombination), in Nullnächten nur 34% der Vpn (schwach bis stark) belästigt (Abb. 1).

**Pegel, Häufigkeit und Nachtzeit.** Die Belästigung durch Fluglärm während der Nacht nahm sowohl mit zunehmendem Maximalpegel als auch mit zunehmender Häufigkeit zu. Die Vpn reagierten im Experiment belästigter auf die Beschallung am Morgen als am Abend. Abhängig von der

Pegel-Häufigkeitskombination lag der Median der Belästigung am Morgen zwischen 2 und 7 Punkten, bei Beschallung am Abend nur zwischen 2 und 3.5 Punkten.



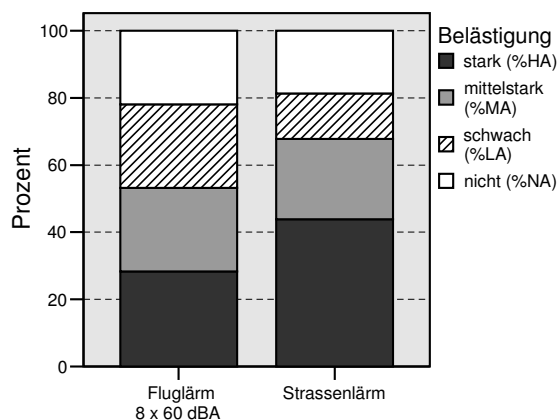
**Abbildung 2:** Belästigung durch Flug- und Strassenlärm zu unterschiedlichen Nachtzeiten. (Belästigungs-Skala von 0=überhaupt nicht bis 10=äusserst). Boxplots mit Median, Interquartilsrange und Min/Max. (Datengrundlage: 229 Nullnächte, 829 Fluglärm- und 155 Strassenlärmnächte)

Die Zunahme der Belästigung vom leisesten (8 Überflüge bei  $L_{AS,max}=50$  dB) bis zum lautesten Beschallungsprogramm (16 Überflüge bei  $L_{AS,max}=60$  dB) war bei Beschallung am Morgen (5 Punkte) wesentlich grösser als bei Beschallung am Abend (1.5 Punkte) (Abb. 2). Im ähnlichen Rahmen liegen die Unterschiede hinsichtlich der selbst eingeschätzten Schlafqualität. Eine Erhöhung des Maximalpegels von 50 auf 60 dBA hatte, zumindest bei der Beschallung am Morgen, einen stärkeren Einfluss auf den Belästigungsanstieg (bei 8 Überflügen +3.5 Punkte; bei 16 Überflügen +3 Punkte) als die Steigerung der Häufigkeit (bei  $L_{AS,max}=50$  dB +2 Punkte; bei  $L_{AS,max}=60$  dB +1.5 Punkte). Der Maximalpegel scheint also gegenüber der Häufigkeit der Überflüge die wichtigere Determinante der Belästigungsreaktion zu sein.

**Lärmquelle.** Entgegen weit verbreiteter Ansicht wurde Fluglärm gegenüber Strassenlärm bei gleichem äquivalentem Dauerschallpegel nicht als lästiger empfunden. Der Anteil schwach bis stark belästigter Personen war bei beiden Lärmarten etwa gleich hoch. Der Prozentsatz stark belästigter Personen deutet gar darauf hin, dass Fluglärm als weniger belästigend empfunden wird (Abb. 3). Es muss jedoch noch näher geprüft werden, ob dieser Belästigungs-Unterschied allenfalls ein methodisch bedingter *Lästigkeits*-Unterschied ist und z.B. durch psychoakustische Faktoren erklärt werden könnte oder aufgrund der höheren Häufigkeit (20 Strassenlärmereignisse vs. 8 Fluglärmereignisse) zustandekam.

**Statistisches Modell.** Es werden zurzeit verschiedene Varianten statistischer Erklärungsmodelle auf der Basis des generellen linearen Modells (GLM) und gemischter Modelle erarbeitet, die geeignet sein könnten, die erwartete Belästigung aufgrund der Tageszeit der Beschallung, der Pegel-Häufigkeits-Kombination und verschiedener Personen-Variablen (bzw. der  $V_p$  als Zufallsfaktor) zu prognostizieren. Ein erstes Modell mit den festen Faktoren *Häufigkeit*, *Maximalpegel*, *Beschallungszeitpunkt* und der  $V_p$  als Zufallsfaktor über den je Pegelhäufigkeitskombination gemittelten Ausprägungsgrad der Belästigung ergab signifikante

Effekte der Faktoren *Häufigkeit* [ $F(1, 65.8) = 23.2$ ;  $p < .001$ ] *Maximalpegel* [ $F(1, 64.2) = 45.3$ ;  $p < .001$ ] und *Beschallungszeitpunkt* [ $F(1, 60.2) = 10.3$ ;  $p = .01$ ] sowie der  $V_p$  [ $F(59, 20.3) = .3$ ;  $p < .001$ ] neben signifikanten Interaktionen zwischen *Beschallungszeitpunkt* und *Maximalpegel* sowie *Beschallungszeitpunkt* und  $V_p$ .



**Abbildung 3:** Anteil stark, mittelstark, schwach und nicht belästigter Personen bei Flug- oder Strassenlärm in der Nacht bei gleichem äquivalentem Dauerschallpegel ( $L_{Aeq, 1.5h} = 40.8$  dB). (Datengrundlage: 205 Nächte mit Fluglärm, 155 Nächte mit Strassenlärm)

## Schlussfolgerungen

Die vorliegende Untersuchung konnte für verschiedene Belästigungs- und Schlafqualitätsparameter eine Dosis-Wirkungsbeziehung mit akustischen Faktoren nachweisen. Besonders hervorzuheben ist die Tatsache, dass die Stärke dieser Dosis-Wirkungsbeziehungen wesentlich vom Zeitpunkt der Beschallung (bzw. vom Zeitpunkt der Lärmeinwirkung) moderiert wird. Die Gründe für diesen Belästigungsunterschied zwischen Abend- und Morgenbeschallung sind noch nicht hinreichend geklärt. Möglicherweise empfinden Personen ein „geweckt werden“ als einschneidendere Beeinträchtigung des Schlafes als das „am Einschlafen gehindert werden“. Eine psychologisch naheliegende Erklärung hierfür liegt im Ausmass der von den  $V_{pn}$  wahrgenommenen Kontrollierbarkeit der (Lärm-) Situation. Der Belästigungsunterschied wird demnach durch die abendliche Verfügbarkeit der Copingstrategie des „später zu Bett gehens“ erzeugt, und zwar auch dann, wenn diese Möglichkeit gar nicht in Anspruch genommen wird. Im Falle der Abendbeschallung könnten die  $V_{pn}$  nämlich eine teilweise eigene Verantwortlichkeit für das Ausmass ihrer Beeinträchtigung/Belästigung kognizieren. Diesem Erklärungsansatz wird jedoch noch vertieft nachgegangen.

Wir konnten den häufig beobachteten Belästigungsunterschied unterschiedlicher Verkehrslärmquellen bei gleichem Mittelungspegel (im vorliegenden Fall Flug- vs. Strassenlärm) nicht replizieren.

Aufgrund der Ergebnisse der vorliegenden Studie lässt sich folgern, dass insbesondere durch eine Reduktion besonders lauter Flüge in den frühen Morgenstunden ein Rückgang der durch nächtlichen Fluglärm hervorgerufenen Belästigungsreaktionen erreicht werden könnte.