

# **Gutachten**

## **Belästigung durch Fluglärm**

### **im Umfeld des Frankfurter Flughafens**

*Kurzfassung des Endberichts*

Bearbeitung:

ZEUS GmbH, Zentrum für angewandte Psychologie, Umwelt- und Sozialforschung, Bochum

Hörzentrum Oldenburg GmbH, Oldenburg

Dirk Schreckenberg

Markus Meis

Redaktionelle Bearbeitung: Ute Felscher-Suhr, Markus Meis, Dirk Schreckenberg

Unter Mitarbeit von: Frank Faulbaum, Ute Felscher-Suhr, Cara Kahl, Henk M.E. Miedema, Kurt Müller,  
Lars Ninke, Christin Peschel, Henk Vos

Interne wissenschaftliche Beratung: Rainer Guski, Henk M.E. Miedema, Rudolf Schümer

Wissenschaftliche Qualitätssicherung: Martin van den Berg, Monika Bullinger, Barbara Griefahn, Alexander  
Samel, August Schick, H.-Erich Wichmann

Im Auftrag der

IFOK GmbH – Institut für Organisationskommunikation, 64625 Bensheim

im Rahmen des



30.06.2006

## Vorbemerkung

In diesem Kurzbericht werden die Durchführung und zentralen Ergebnisse der breit angelegten Fluglärmwirkungsstudie 2005 im Rhein-Main-Gebiet im Umfeld des Frankfurter Flughafens beschrieben. Die Gesamtstudie besteht aus zwei Teilen:

1. Einer von April bis Jahresende 2005 durchgeführten Breitenerhebung zur Lärmbelästigung, Wohn-, Umwelt- und Lebensqualität bei einer Anzahl von rund 2300 Bewohnern im Rhein-Main-Gebiet (Face-to-face-Befragung und Bestimmung individueller Immissionspegel von Flug-, Straßen-, Schienenverkehrsgeräuschen) und
2. einer Vertiefungsstudie mit einem Teilsample der Breitenerhebungs-Teilnehmer (insgesamt 200 Personen), in der zu acht Terminblöcken bei jedem Probanden tagsüber die stündliche Fluglärmelastigung und Fluglärmelastung an vier aufeinanderfolgenden Tagen untersucht wurde.

Die gesamte Dokumentation des Gutachtens besteht aus folgenden Bestandteilen:

- Langfassung des Endberichts inklusive Anhang;
- Kurzfassung des Berichts;
- Anlagenband mit Kurzbeschreibungen der Untersuchungsgebiete.

*Ein Hinweis zum Begriff „Fluglärm“:* In der Fachwelt wird Lärm als „unerwünschte Geräusche“ definiert und gilt daher als ein subjektiver Begriff mit negativer Konnotation. Im vorliegenden Gutachten wird zum Teil aus Gründen der sprachlichen Vereinfachung von Fluglärm, Fluglärmelastung, Fluglärmpegel gesprochen. Der Begriff „Fluglärm“ wird hierbei synonym zum Begriff „Flugverkehrsgeräusch(e)“ verwendet, folglich als physikalische/akustische Größe und nicht im subjektiven Sinne verstanden. Im unmittelbaren Kontext erlebter Beeinträchtigungen durch Flugverkehrsgeräusche (z.B. „Fluglärmelastigung“) wird der Begriff „Fluglärm“ dagegen in seiner subjektiven Bedeutung benutzt, weil hierbei über das Geräuscherleben von Betroffenen inklusive ihrer Bewertung der Geräusche berichtet wird.

Die Gutachter einschließlich aller Kooperationspartner bedanken sich bei dem Regionalen Dialogforum Forum und seinen Gremien, den beteiligten Gemeinden, dem Gebietsrechenzentrum und IT-Unternehmen ekom21 GmbH, der Fraport AG, den Mitgliedern der wissenschaftlichen Qualitätssicherung, allen weiteren hier nicht näher genannten Beteiligten und vor allem den Teilnehmerinnen und Teilnehmern der Befragungen für die große Unterstützung.

Bochum, Oldenburg

30.06.2006

Die Autoren

## Zusammenfassung

Im Auftrag des Regionalen Dialogforums wurde im Zeitraum vom April bis zum Jahresende 2005 die Lärmbelastigung sowie Wohn-, Umwelt- und Lebensqualität von 2312 Anwohnern des Rhein-Main-Gebiets im Umfeld des Frankfurter Flughafens in Abhängigkeit von der Fluglärmelastigung untersucht. Hierzu wurden 45-minütige Face-to-Face-Interviews durchgeführt. In Ergänzung wurde bei einer Untergruppe von 200 Personen ein Tagesprofil der individuellen Lärmbelastigung an jeweils vier aufeinanderfolgenden Tagen mit Hilfe von Handheld-PCs (Taschencomputern) erstellt. Für alle Untersuchungsteilnehmer wurden verschiedene auf die Wohnadresse bezogene Immissionspegelmaße für die Belastung durch Flugverkehr sowie Schienen- und Straßenverkehrsgeräusche berechnet.

Die Auswahl der Untersuchungsteilnehmer erfolgte im Rahmen einer geschichteten Zufallsstichprobe. 66 Wohngebiete unter unterschiedlichen Fluglärmkonturen in einem Pegelbereich von  $L_{eq,3,tag} = 40-65$  dB(A) wurden anhand mehrerer akustischer und sozialwissenschaftlicher Kriterien ausgewählt. Innerhalb der Wohngebiete wurden die zu befragenden Personen ab einem Alter von 16 Jahren per Zufall anhand von Registerdaten gezogen. Die Ausschöpfungsquote beträgt insgesamt 61% der um stichprobenneutrale Ausfälle bereinigten Bruttostichprobe.

Ein zentrales Ergebnis der Studie ist, dass die Bewohner des Rhein-Main-Gebiets durch Fluglärm stärker als der Durchschnitt der Bewohner in Hessen und auch in der gesamten Bundesrepublik gestört und belästigt sind: 64% der Befragten sind durch Fluglärm mittelmäßig bis äußerst gestört oder belästigt, davon 41% sind stark bis äußerst. Im gesamten Bundesland Hessen sind 23% der Bevölkerung durch Fluglärm belästigt, davon 13% stark bis äußerst. Der Mittelwert der Lärmbelastigung auf einer fünfstufigen Skala liegt bei den Befragten bei 3,1, bei der Bevölkerung in Hessen insgesamt bei 1,8. Bundesweit betragen die Zahlen 12% durch Fluglärm Belästigte, davon 4% stark oder äußerst. Hier liegt der Mittelwert über alle befragten Personen bei 1,5 von fünf Skalenstufen.

Es gibt Dosis-Wirkungsbeziehungen zwischen dem Pegel und verschiedenen Lärmbelastigungsurteilen bezogen auf den Fluglärm. Danach sind in der Pegelklasse 50-52,5 dB (<47,5-50 dB bei Betrachtung der Realverteilung) bereits 25% der Bevölkerung hochgradig durch Fluglärm *insgesamt* belästigt. *Tagsüber* durch Fluglärm belästigt<sup>1</sup> finden sich 25% hoch Belästigte in den Pegelklassen >62,5 dB (Realverteilung: 57,5-60 dB). Nachts finden sich 25% hoch Belästigte ab den Pegelklassen >57,5-60 (Realverteilung: 52,5-55). Die befragten Anwohner des Rhein-Main-Gebiets berichten über Aktivitätsstörungen im Außenbereich durch Fluglärm und sie sehen sich in ihrer Wohnzufriedenheit durch den Fluglärm beeinträchtigt. Ältere Personen und diejenigen, die bereits durch Erkrankungen vorbelastet sind, zeigen stärkere Beeinträchtigungen als junge, gesunde Menschen. Die Angst vor vermeintlichen Gesundheitsschäden durch Kerosin, Bedrohungsgefühle durch geringe Überflughöhen und nicht zuletzt auch die Furcht vor Wertverlust der eigenen Immobilie beeinflussen die Lebenssituation um den Frankfurter Flughafen. Ganz besonders beeinträchtigt fühlen sich diejenigen Anwohner, die eine Verschlechterung ihrer Situation nach dem Flughafenausbau erwarten: Sie sind heute schon stärker

---

<sup>1</sup> Die Tagesbelastigung wurde auf Basis von einzelnen Stundenurteilen im Zeitraum zwischen 6-22 Uhr erfragt und zu einem gemittelten Wert zusammengefasst.

gestört und belästigt, berichten eine geringere Lebensqualität und Einschränkungen in ihrer Lebenszufriedenheit.

Die Randstunden des Tages morgens und abends haben sich als Zeiten erhöhter Belästigung durch Fluglärm bei gleichem Pegel herausgestellt. In der Breitenerhebung ist die morgendliche Belästigung werktags um 5-6 Uhr sowie 8-9 Uhr erhöht, am Wochenende im Zeitraum 5-7 Uhr. In der Vertiefungsstudie ist es morgens der Zeitraum 7-8 Uhr (werktags und am Wochenende). Eine nachmittägliche Belästigungsspitze um 15-17 Uhr spiegelt den vermehrten Außenaufenthalt am Haus wider, der entsprechend mit einer höheren Fluglärmexposition im Vergleich zum Aufenthalt im Haus verbunden ist. Abends ist in der Randstunde 22-23 Uhr eine erhöhte Lärmelast bei gleichem Pegel im Vergleich zu den Tagesstunden davor festzustellen. Für den Zeitraum 19-20 Uhr – laut Vertiefungsstudie zur Abendessen- und Fernsehzeit – berichten die Befragten in der Breitenerhebung eine höhere Belästigung, in der Vertiefungsstudie berichten sie dies nur am Wochenende. Insgesamt ist am Wochenende die Lärmelast zu allen Tageszeiten höher als werktags, deswegen fallen die Unterschiede in der Belästigung zwischen den einzelnen Tagesstunden geringer als an Werktagen aus.

Vergleicht man die Belästigung zu den morgendlichen und abendlichen Randstunden direkt, zeigt sich: Die abendlichen Randstunden sind im stärkeren Maße in der Breitenerhebung bedeutsam, d.h. relevanter für eine *generelle* tageszeitbezogene Fluglärmelast. An den jeweils vier extra untersuchten Tagen bei den 200 Vertiefungsstudienteilnehmern liegt dagegen eine erhöhte *akute* Belästigung und Gestörtheit eher in den morgendlichen Randstunden vor. Diese morgendlich erhöhte Belästigung gilt vor allem bei hohen Fluglärmpegeln, insbesondere bei einem Stunden- $L_{eq3} > 60$  dB(A). Hinsichtlich des Belästigungsverlaufs am Tage ist eine engere Beziehung zur Anzahl der Überflüge und der damit verbundenen Verkürzung von Ruhezeiten als zur Lautheit (Maximalpegel) der einzelnen Flugverkehrsgeräusche festzustellen. Weiterhin belästigen bei gleichem Pegel Landungen stärker als Starts.

Bei den Bewohnern wurde auch nach ihrem Gesundheitszustand und ihrer Lebensqualität gefragt. Beim Beschwerdedruck und bei der berichteten Erschöpfung konnten Unterschiede in Abhängigkeit der Fluglärmelast identifiziert werden; diese lassen sich aber nicht im Sinne einer Dosis-Wirkungsbeziehung interpretieren. In den übrigen geprüften Bereichen der subjektiv empfundenen Gesundheit (Beschwerdedruck, gesundheitsbezogene Lebensqualität, Schlafqualität, Lebenszufriedenheit) sind die Ergebnisse vergleichbar mit dem Bundesdurchschnitt und eine Pegelabhängigkeit nicht feststellbar. Bei der vorliegenden Studie ist zu beachten, dass sämtliche erhobenen Gesundheitsdaten von den Anwohnern abgefragt wurden. Diese Daten spiegeln die subjektiv empfundene Gesundheit der Befragten wider, die nicht durch ärztliche Untersuchungen oder Sekundärdaten ergänzt wurden.

# Inhalt

Vorbemerkung.....	3
Zusammenfassung.....	4
Inhalt .....	6
1. Einleitung .....	7
2. Belästigung und Gestörtheit durch Fluglärm.....	8
3. Belästigung im Tagesverlauf .....	12
4. Subjektive Gesundheit .....	19
5. Subjektive Wohn- und Umweltqualität.....	23
6. Fazit und Empfehlungen.....	25
Literatur.....	29

# 1. Einleitung

Zu den Aufgabenstellungen des Gutachtens zur Belästigung durch Fluglärm im Umfeld des Frankfurter Flughafens im Auftrag des Regionalen Dialogforums Flughafen Frankfurt (RDF) zählen

1. die Erfassung der fluglärmverursachten Belästigung in der Rhein-Main-Region unter Berücksichtigung der Aspekte Lebenszufriedenheit und gesundheitsbezogene Lebensqualität;
2. die Herausarbeitung des Ausmaßes der Fluglärmbelästigung zu verschiedenen Tages- und Nachtzeiten in Abhängigkeit der durch den Flugverkehr verursachten akustischen Belastung.

Die erste Aufgabenstellung wurde im Rahmen einer Breitenerhebung bei 2312 Personen im Rhein-Main-Gebiet im Umfeld des Frankfurter Flughafens bearbeitet. Hierbei wurden in einem mehrstufig geschichteten Zufallsverfahren ausgewählte Flughafenanwohner in einem rund 45-minütigen Face-to-Face-Interview nach ihrer Wohn- und Lebensqualität, ihrer Beeinträchtigung durch Lärm verschiedener Quellen, darunter auch Flugverkehr, sowie zu ihren Erwartungen bezüglich des Ausbaus des Frankfurter Flughafens befragt. Die Befragungsdaten wurden im Rahmen der statistischen Auswertung mit individuellen, auf die Wohnadresse bezogenen flugverkehrsverursachten berechneten Immissionspegeln in Beziehung gesetzt. Ferner wurden zur Kontrolle auf die jeweilige Wohnadresse der Befragten bezogene akustische Parameter für die Straßen- und Schienenverkehrslärmbelastung bestimmt. Die Breitenerhebung erstreckte sich über einen Zeitraum von April bis Dezember 2005.

Die zweite Aufgabenstellung, die Bestimmung der Lärmbelastigung im Tagesverlauf, wurde einerseits im Rahmen der Breitenerhebung durch Erfassung generalisierter stündlicher Belästigung am Tage bearbeitet. Zum anderen protokollierte eine Teilstichprobe der Untersuchungsteilnehmer – insgesamt 200 Personen – im Rahmen einer Vertiefungsstudie die aktuelle Stundenbelastigung für den Zeitraum 7 bis 23 Uhr an jeweils vier aufeinanderfolgenden Tagen mit Hilfe eines Taschencomputers. Daneben füllten sie täglich morgens und abends Begleitprotokolle aus, in denen die Teilnehmer Angaben zum nächtlichen Schlaf sowie zum Tagesablauf machten. Die Daten zur stündlichen Lärmbelastigung aus der Breitenerhebung und der Vertiefungsstudie wurden mit akustischen Parametern der Fluglärmbelastigung im entsprechenden Bezugszeitraum in Beziehung gesetzt. Die Erhebung fand in acht verschiedenen 4-Tage-Blöcken im Zeitraum August bis Anfang November 2005 statt.

## 2. Belästigung und Gestörtheit durch Fluglärm

Die Anwohner im Rhein-Main-Gebiet weisen im Vergleich zu der Bevölkerung Hessens und auch im Bundesvergleich eine höhere Lärmbelastigung auf: 59% der Befragten fühlen sich mittelmäßig bis äußerst durch *Lärm im Wohngebiet insgesamt* (davon 28% stark bzw. äußerst) gestört oder belästigt. Landesweit sind es in Hessen nach einer repräsentativen Lärmumfrage von 2004 im Auftrag des hessischen Umweltministeriums 28% (bundesweit lt. Umfrage des Umweltbundesamtes 2004: 27%) Belästigte bzw. 11% hoch Belästigte (bundesweit: 8%). Mit einem Mittelwert von 2,8 auf der 5-stufigen Lärmbelastigungsskala (1: überhaupt nicht – 5: äußerst gestört oder belästigt) liegt die Gesamtbelastigung der Befragten damit über dem landes- und bundesweiten Trend (Mittelwert jeweils 2,0 auf der gleichen Belästigungsskala). Diese wird maßgeblich bestimmt durch die *Fluglärmbelästigung*. 64% der Befragten sind durch Fluglärm mittelmäßig bis äußerst gestört oder belästigt, davon 41% stark bis äußerst. Im gesamten Bundesland Hessen sind 23% der Bevölkerung durch Fluglärm belästigt, davon 13% stark bis äußerst. Der Mittelwert der Lärmbelastigung auf einer fünfstufigen Skala liegt bei den Befragten bei 3,1, bei der Bevölkerung in Hessen insgesamt bei 1,8. Bundesweit betragen die Zahlen 12% durch Fluglärm Belästigte, davon 4% stark oder äußerst. Hier liegt der Mittelwert über alle befragten Personen bei 1,5 von fünf Skalenstufen.

Unter den akustischen Maßen, mit denen sich der Fluglärm beschreiben lässt, steht der Mittelungspegel  $L_{eq3}$  in engster Beziehung zu den Belästigungs- und Störungsurteilen. Dabei spielt es für den Grad der Pegel-Belastigungsbeziehung den vorliegenden Daten zufolge insgesamt kaum eine Rolle, nach welchem Berechnungsverfahren (Realverteilung oder 100/100-Regel<sup>2</sup>) die Pegel bestimmt wurden.

Die Ergebnisse der Studie zeigen, dass, bezogen auf den nächtlichen Flugverkehr, bei Berechnung nach der 100/100-Regel die Pegel-Belastigungsbeziehung etwas enger ausfällt als bei der Realverteilung. Dieser Unterschied zwischen den Berechnungsverfahren kann für die Fluglärmbelastung tagsüber nicht in gleichem Maße festgestellt werden. Dass für die Nacht die Berechnung des jahresgemittelten Fluglärmpegels nach der 100/100-Regel und für den Tag die Berechnung nach Realverteilung erfolgt, ist aus der Perspektive des statistischen Pegel-Belastigungszusammenhangs zulässig. Keines der Berechnungsverfahren kann als ungeeignet zur Beschreibung der Belästigungswirkung verworfen werden.

Es wurden Dosis-Wirkungs-Kurven für die Fluglärmbelastigung insgesamt, tagsüber und nachts dargestellt. Die folgende Abbildung 2-1 zeigt den Prozentanteil hoher Fluglärmbelastigung in Abhängig-

<sup>2</sup> Bei der 100/100-Regelung wird eine Umhüllende aus den Lärmwerten bei Ost- und Westbetrieb der sechs verkehrsreichsten Monate (in Frankfurt in der Regel Mai bis Oktober) gebildet. Es ist also eine Darstellung jeweils des ungünstigsten Falles (Worst-Case-Situation) einer mittleren Ost- und einer mittleren Westsituation, unabhängig von der Häufigkeit des Auftretens.

Im Realverteilungsverfahren wird die über die sechs verkehrsreichsten Monate des Jahres ermittelte langjährige mittlere Bewegungsverteilung (im Untersuchungsjahr 2005: 67% West und 33% Ost bezogen auf einen 24h-Tag) bei der Berechnung berücksichtigt. Dieses Vorgehen entspricht den Vorgaben der AzB (Anleitung zur Berechnung des Fluglärms) und dem internationalem Gebrauch. Die nach diesem Verfahren berechneten Fluglärmwerte beschreiben die unter Berücksichtigung der Bewegungsverteilung im Bezugszeitraum auftretende durchschnittliche Belastung.



keit vom einwirkenden Fluglärm (dargestellt in sog. Pegelklassen<sup>3</sup>). Der Anteil hoher Belästigung entspricht der gewichteten Summe der Urteile „stark“ und „äußerst“ auf einer fünfstufigen Belästigungsskala mit den Antwortstufen (1) „überhaupt nicht“, (2) „etwas“, (3) „mittelmäßig“, (4) „stark“, (5) „äußerst“ gestört oder belästigt.

Die %HA-Kurve der Fluglärmelastigung insgesamt liegt über der nächtlichen und diese oberhalb der Kurve der 16h-Tagesbelastigung. Dies gilt auch, wenn man anstelle des Anteils hoher Belästigung die durchschnittlichen Fluglärmelastigungswerte gesamt, tags, nachts (Mittelwert der Belästigungsurteile) betrachtet.

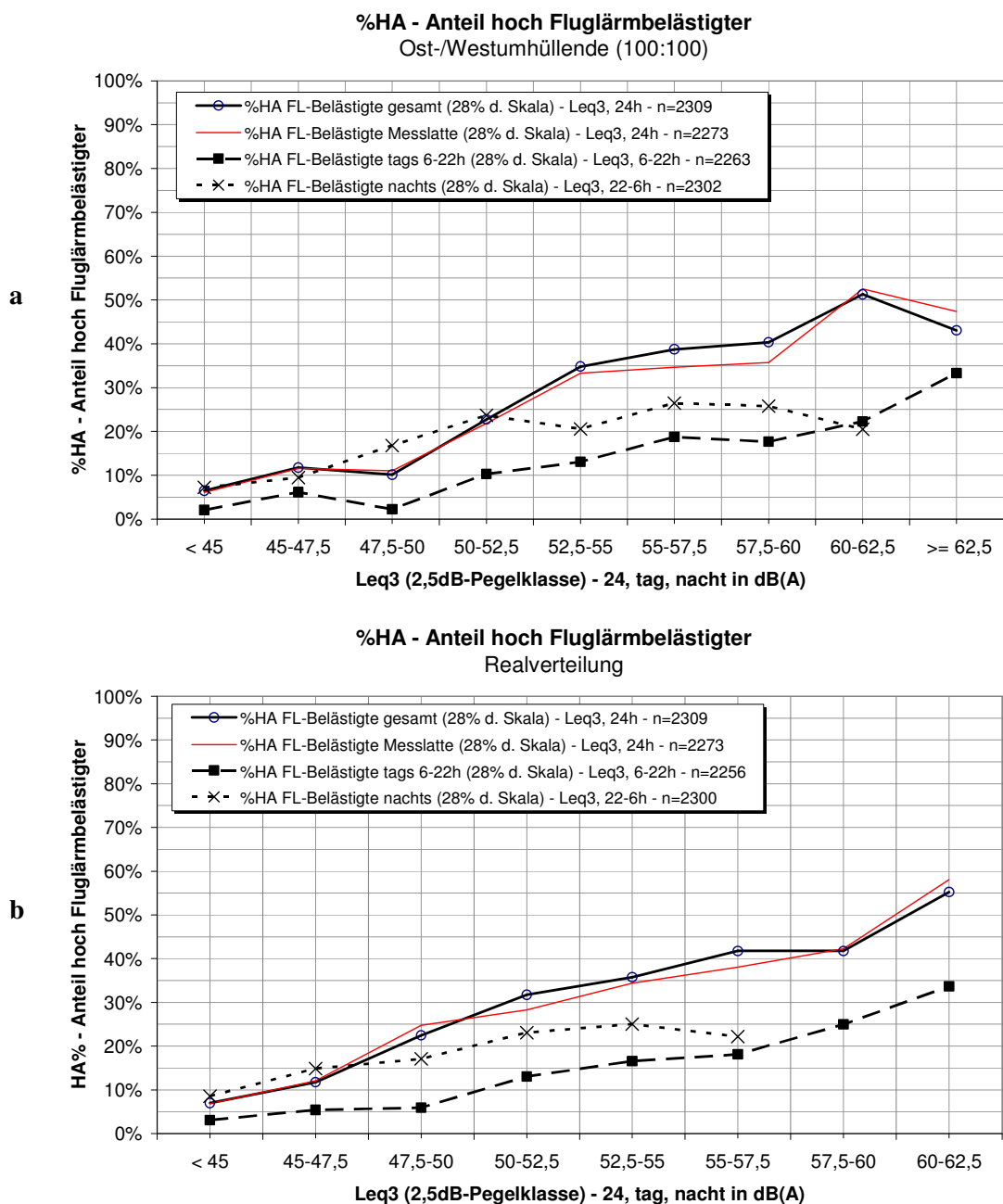


Abbildung 2-1a+b: Anteil hoch Fluglärmelastigter in Abhängigkeit vom  $L_{eq3}$  berechnet nach dem 100/100-Verfahren. a: Ost-/Westumhüllende; b: Realverteilung

<sup>3</sup> In einer Pegelklasse sind alle Personen zusammengefasst, für die die entsprechenden Lärmwerte zu Hause im Jahresmittel berechnet wurden.

Der Rückgang der Fluglärmelastigung gesamt in der obersten Pegelklasse > 62 dB(A) berechnet nach der 100/100-Regel erklärt sich dadurch, dass in dieser Pegelklasse ausschließlich Probanden vertreten sind, bei denen diese Belastung nur bei Ostbetrieb (im Jahresmittel also seltener) vorkommt. In dem integrierenden Gesamt-Fluglärmelastigungsurteil scheint demnach die Häufigkeit der im Jahresmittel auftretenden Belastung mit einzufließen. Für die 16h-Tagesbelastung gilt dies nicht, hier steigt die Belastung auch dann mit zunehmendem Pegel berechnet nach der 100/100-Regel weiter an, wenn die zugrunde liegende Belastung im Jahresmittel seltener auftritt.

In der Fachliteratur bzw. den meisten Lärmwirkungsgutachten wird als Schutzkriterium für die Bevölkerung vor unzumutbarer Lärmelastigung ein Cut-Off-Wert von 25% Anteil hoher Belastigung in der Bevölkerung angegeben. Wendet man dieses Kriterium auf die vorliegenden Daten an, ergibt sich folgendes Bild:

- Bezogen auf die *Fluglärmelastigung insgesamt* sind in der Pegelklasse 50 - 52,5 dB (< 47,5 - 50 dB bei Betrachtung der Realverteilung) bereits 25% der Bevölkerung hochgradig durch Fluglärm belästigt.
- *Tagsüber* durch Fluglärm belästigt<sup>4</sup> finden sich 25% hoch Belästigte in den Pegelklassen > 62,5 dB (Realverteilung: 57,5 - 60 dB).
- *Für nachts* lässt sich der Pegel, ab dem 25% hoch belästigt sind, aufgrund der geringeren Linearität im Anstieg der Belastigung mit zunehmendem Pegel nicht so gut wie für die Fluglärmelastigung insgesamt und tagsüber abschätzen. Wie die Abbildung zeigt, befinden sich 25% hoch Belästigte bereits in der Pegelklasse 50 – 52,5 dB(A) (bei Pegeln berechnet nach der 100/100-Regel) und dann wieder ab der Pegelklasse 55 - 57,5 dB(A) (Realverteilung: 52,5 – 55 dB(A)).

Die Gruppe der untersuchten Wohngebiete wurde differenziert nach vier Ortslagen hinsichtlich der mittleren Fluglärmelastigung und der akustischen Belastigung untersucht. Danach sind am stärksten durch den Fluglärm belästigt:

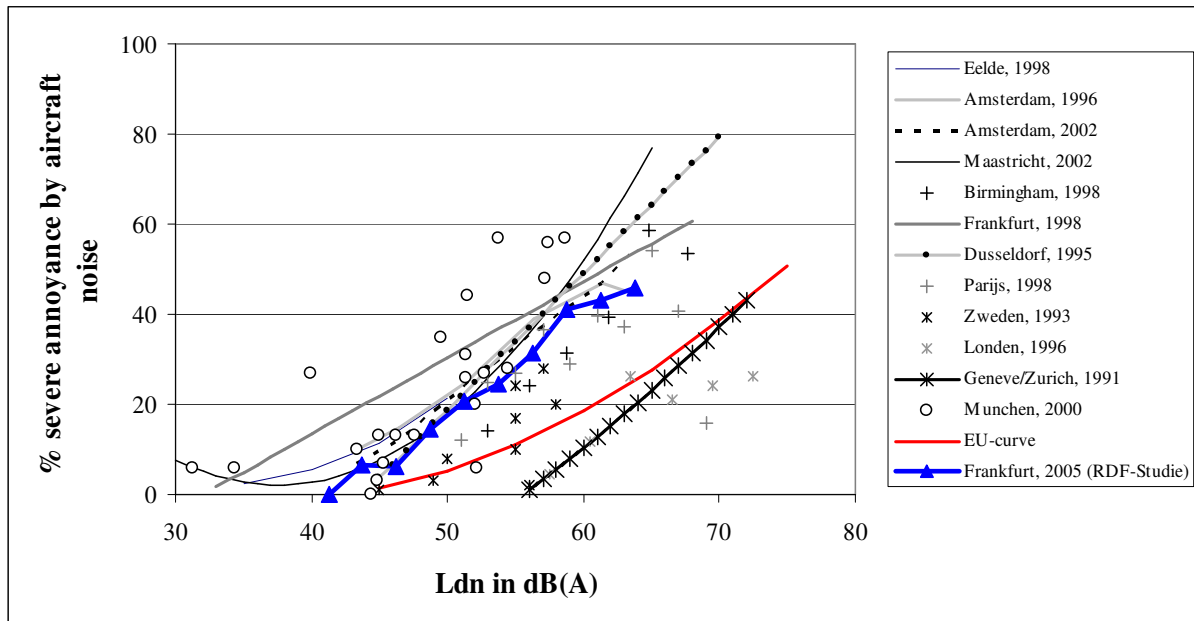
- in der Ortslage Nordwest am Tage die Anwohner in Weilbach, Wicker und Eddersheim. Nachts sind es die Anwohner in Eddersheim, Hattersheim und Okriftel und Massenheim;
- im Westen sind tagsüber die Anwohner in Raunheim, Flörsheim, Hochheim und Rüsselsheim am stärksten durch Fluglärm belästigt, nachts sind es die Anwohner in Raunheim, Rüsselsheim und in Mainz;
- in der Ortslage Süd/Südost sind tagsüber die Anwohner in Worfelden, Wixhausen und Mörfelden am stärksten belästigt, nachts sind es die Anwohner von Mörfelden, Worfelden, Klein-Gerau und Arlheiligen;
- in der Ortslage Ost sind sowohl tagsüber als auch nachts die Anwohner in Offenbach und Neu-Isenburg diejenigen mit den höchsten Lärmelastigungswerten.

Fluglärm stört am stärksten Tätigkeiten außerhalb der Wohnung (Kommunikation im Freien, Aufenthalt/Erholung im Freien). Bei den berichteten nächtlichen Störungen stellt die Verkürzung der Schlafzeit eine bedeutsame Beeinträchtigung dar.

---

<sup>4</sup> Die Tagesbelastigung wurde auf Basis von einzelnen Stundenurteilen im Zeitraum zwischen 6-22 Uhr erfragt und zu einem gemittelten Wert zusammengefasst.

Die in dieser Studie ermittelte aktuelle Dosis-Wirkungskurve für den Anteil hoher Fluglärmelastigung im Umfeld des Frankfurter Flughafens (RDF-Studie) fügt sich gut in das Set der Dosis-Wirkungskurven vergleichbarer europäischer Studien ein, die von van Kempen und van Kamp (2005) zusammengetragen wurden. Dies zeigt ein Vergleich der Ergebnisse von 11 zwischen 1991 und 2002 durchgeführten Untersuchungen. Der Anteil hoher Fluglärmelastigung in der RDF-Studie ist zwar insgesamt als hoch zu bezeichnen, stellt aber bezüglich des Belästigungsniveaus keinen Ausreißer dar bzw. spricht nicht für eine Ausnahmesituation im Hinblick auf das Belästigungserleben.



Quelle: van Kempen, und van Kamp (2005, S. 25, Fig 3b; ergänzt um Daten der RDF-Studie)

Abbildung 2-2: Belästigung durch Fluglärm im internationalen Vergleich

Mit Ausnahme von Belästigungsdaten aus einer schweizerischen (Genf/Zürich, 1991) und britischen Studie (London-Heathrow, 1996) liegen alle übrigen Daten über der metaanalytisch gewonnenen, generalisierten Dosis-Wirkungs-Kurve, die im EU-Positionspapier zur Dosis-Wirkungsbeziehung für die Lärmbelastigung (EC/WG2, 2002) veröffentlicht wurde. Diese beruht allerdings auch auf Daten aus einem Untersuchungszeitraum von 1965 – 1992; das Durchschnittsalter der in der generalisierten Kurve berücksichtigten Studien beträgt 14 Jahre (bezogen auf das Jahr 2006).

Liegen 25% HA (25% Anteil hoher Belästigung in der Bevölkerung) der im EU-Positionspapier zur Dosis-Wirkungsbeziehung für die Lärmbelastigung (EG/WG2, 2002) aufgestellten Kurve für Fluglärm bei einem  $L_{dn}$  (Tag-/Nachtpegel) von 64 dB(A), so zeigt die Frankfurter Situation dem gegenüber eine stärkere Wirkung von Fluglärm: Der 25% HA wird hier bereits bei einem  $L_{dn}$  von etwa 54 dB(A) überschritten. Die Frankfurter Belästigungsdaten liegen dabei im Trend der Ergebnisse jüngerer Fluglärmwirkungsstudien.

Fragt man Fluglärmbelästigte außerdem nach den persönlichen Lüftungsgewohnheiten, ihrer Lärmempfindlichkeit, ihrem Vertrauen in Verantwortliche für die Lärmsituation sowie ihren Erwartungen in Bezug auf den Flughafenausbau, haben diese Faktoren einen zusätzlichen Effekt auf das Belästigungsurteil. So fällt innerhalb des Hauses die berichtete akute Fluglärmelastigung kurzfristig durch das Schließen von Fenstern geringer aus (Ergebnis der Vertiefungsstudie). Langfristig wird dagegen

eher eine höhere Fluglärmelastigung bei geschlossenen Fenstern berichtet, vor allem nachts (Ergebnis der Breitenerhebung). Am häufigsten halten die Befragten ihre Fenster gekippt, am wenigsten (vor allem bei wärmeren Temperaturen) geschlossen. Wer dennoch das Fenster insbesondere nachts geschlossen hält, berichtet gleichzeitig eine höhere Fluglärmelastigung, einen schlechteren Gesundheitszustand und eine geringere Schlafqualität.

Es zeigen sich auch – allerdings in geringer Effektstärke – Unterschiede in der Fluglärmelastigung in Abhängigkeit soziodemografischer Faktoren wie Alter (Erwachsene im mittleren Alter sind belastigter als Jüngere und Ältere), Geschlecht (Frauen sind geringfügig belastigter als Männer) und Sozialschicht (Angehörige der Oberschicht sind belastigter als Angehörige der Mittel- und Unterschicht). Bei Betrachtung des Zusammenwirkens verschiedener Verkehrslärmquellen zeigt sich, dass die Gesamtlärmelastigung im Wohngebiet am stärksten durch die Fluglärmelastigung und -belastigung bedingt ist. Weitere zusätzliche Lärmquellen haben auf die Gesamtelastigung sowie speziell auf die Fluglärmelastigung kaum einen Einfluss.

### 3. Belastigung im Tagesverlauf

Um zu prüfen, wie die Belastigung durch Lärm über den Tag variiert und ob es Tageszeiten mit erhöhten Belastigungswerten gibt, wurden die Teilnehmer in der Breitenerhebung für den Zeitraum 5-23 Uhr gefragt, wie lärmelastigt sie im Allgemeinen in den einzelnen Stunden eines Tages sind (generalisiertes Belastigungsprofil).

Die nachfolgende Abbildung 3-1a+b zeigt das Ausmaß dieser stündlichen Fluglärmelastigung bei gleicher Geräuschbelastigung<sup>5</sup> im Tagesverlauf. Dargestellt ist für jede Lärmquelle und Stunde zwischen 5 und 23 Uhr die mittlere Lärmelastigung pro Pegelklasse (Stundenpegel,  $L_{eq3,1h}$ ; Pegelklassenbreite: 5 dB).

Es zeigt sich: Sowohl werktags als auch am Wochenende ist bei gleichem Fluglärmpegel ein Anstieg der Fluglärmelastigung ab den Nachmittagsstunden (ca. ab 15/16 Uhr) festzustellen. Die Belastigungswerte steigen in Sprüngen insgesamt bis zur abendlichen Randstunde 22-23 Uhr an. Der Belastigungsverlauf am Wochenende ist „glatter“, da bereits tagsüber die Belastigung höher ist als werktags.

---

<sup>5</sup> Der Fluglärm ist hier zur besseren Vergleichbarkeit mit den Ergebnissen der Vertiefungsstudie nach der Realverteilung berechnet.

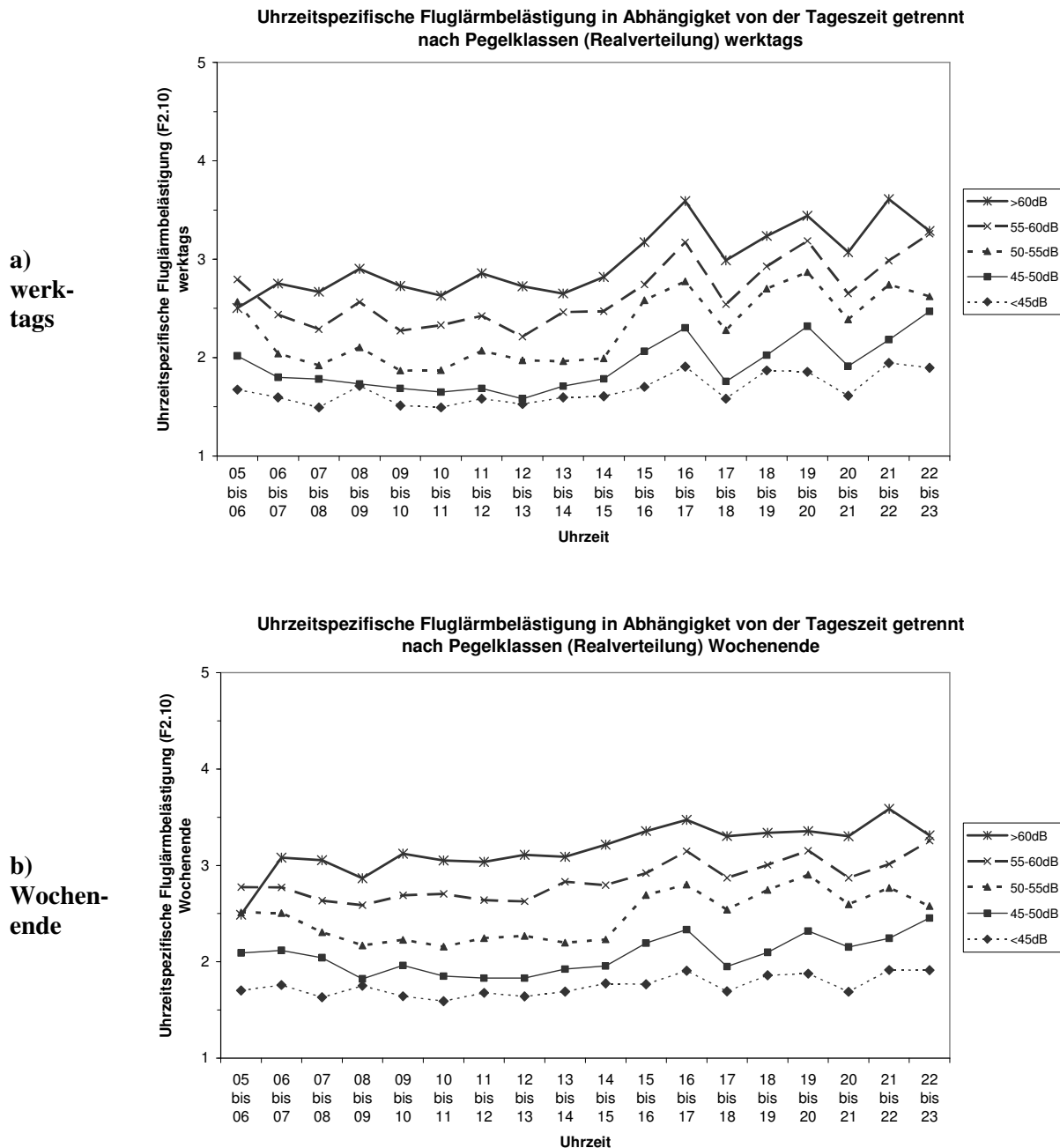


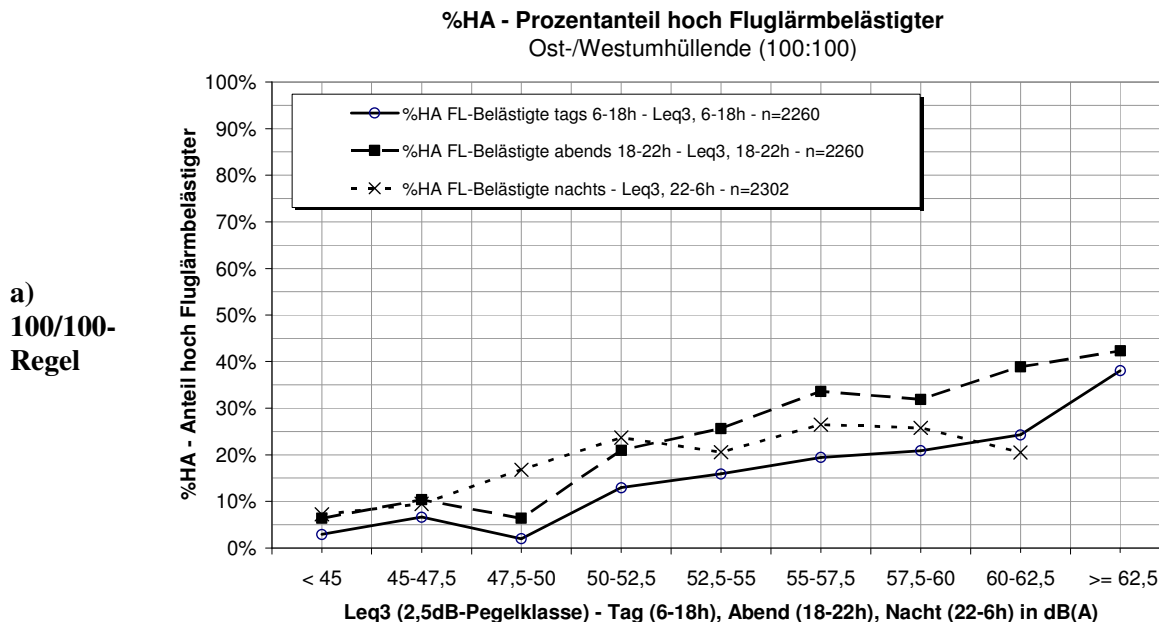
Abbildung 3-1a+b: Fluglärmelastung werktags (a) und am Wochenende (b) im Tagesverlauf getrennt nach Stundenpegelklassen ( $L_{eq,3, 1h}$ ) berechnet nach Realverteilung

Morgens (ca. 5-6 Uhr und noch mal 8-9 Uhr werktags, ca. 5-7 Uhr am Wochenende) liegt in den meisten Pegelklassen eine etwas höhere Fluglärmelastung als in den Stunden unmittelbar danach vor. Zur Belästigung in den Abendstunden ist festzustellen, dass – den Breitenerhebungsdaten zufolge – die Definition einer besonders sensiblen Tagesrandzeit im Abendbereich auf eine breitere Zeitspanne zu erweitern ist, die den Bereich des „Feierabends“ einschließt.

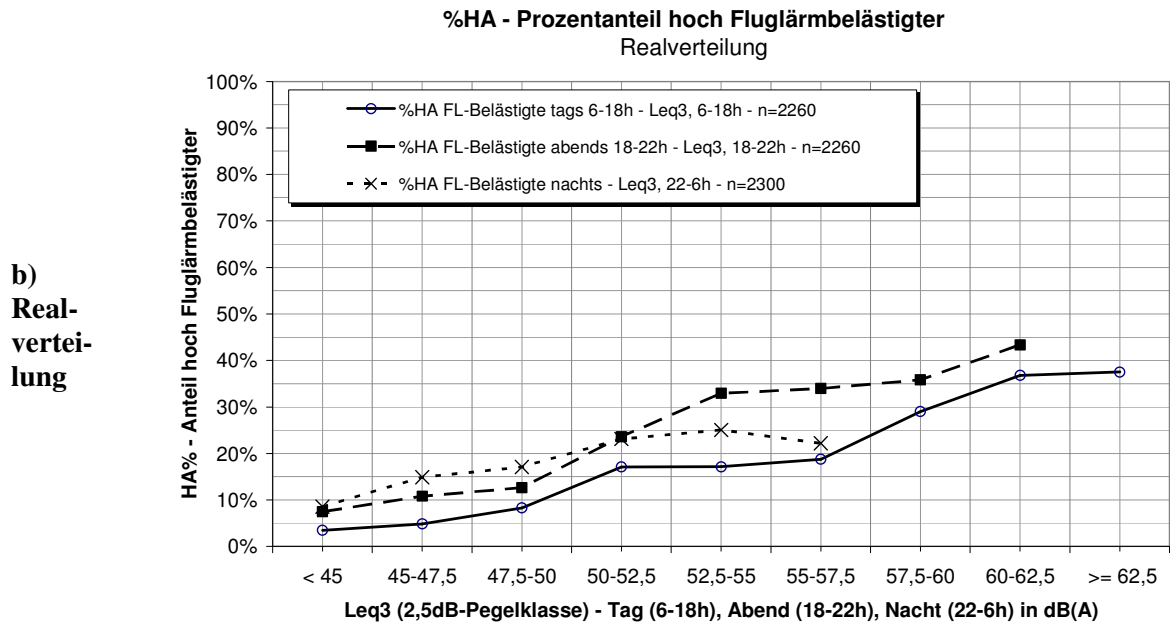
Nach der EU-Umgebungslärmrichtlinie wird zur Bestimmung eines Gesamttageslärmindex der 24h Zeitraum in den Tag, den Abend und die Nacht eingeteilt. Legt man diese Einteilung den Daten dieser Studie zugrunde<sup>6</sup>, zeigt sich folgendes Bild:

Insgesamt liegt abends der Anteil hoch Fluglärmelastigter (%HA) ab einem  $L_{eq3}$  von etwa 52,5 dB(A) oberhalb von %HA nachts und tags, wobei sich die %HA-Kurven für die Tages- und Abendzeit oberhalb von etwa 62,5 dB(A) berechnet nach der 100/100-Regel (60 dB(A) berechnet nach Realverteilung) einander annähern.

Ein Anteil von 25% HA wird bei der 12h-Tagesbelastigung oberhalb von 60 dB(A) (Realverteilung: oberhalb 57,5 dB(A)) und abends ab 52,5 dB(A) (berechnet nach 100/100-Regel und Realverteilung) erreicht. Nachts finden sich wie erwähnt 25% HA in der Pegelklasse 50 – 52,5 dB(A) sowie ab der Pegelklasse 55 – 57,5 dB(A) (Realverteilung: 52,5 - 55), wobei allerdings die Linearität im Belastigungsanstieg mit zunehmenden Pegel für die Nacht geringer ausfällt als für den 12h-Tag und den Abend.



<sup>6</sup> Für die Bestimmung der Dosis-Wirkungsbeziehung tags, abends und in der Nacht wurde für die Definition der 12h-Tageslärmelastigung der Mittelwert aus den Stundenbelastigungen 6-18 Uhr werktags und am Wochenende, für die Definition der Abendbelastigung der Mittelwert aus den Stundenbelastigungen 18-22 Uhr werktags und am Wochenende berechnet.



b)  
Real-  
vertei-  
lung

Abbildung 3-2: Anteil hoch Fluglärmelastigter (%HA) in Abhängigkeit vom  $L_{eq3}$  jeweils für die Tageszeiträume Tag, Abend, Nacht – a: Ost-/Westumhüllende (Pegel berechnet nach 100/100-Regel), b:

Ein wesentlicher Bestandteil der Vertiefungsstudie war die Ermittlung eines *akuten* Tagesprofils der Fluglärmelastigung analog zum generellen Belastigungsprofil, wie es in der Breitenerhebung ermittelt wurde. Diese akuten Urteile zur stündlichen Fluglärmelastigung wurden zwischen 7 und 23 Uhr an jeweils vier aufeinanderfolgenden Tagen gegeben. Bei den für die Vertiefungsstudie berechneten Pegeln ist die Unterscheidung der Berechnung nach der 100/100-Regel und der Realverteilung aufgehoben. Die Pegelmaße sind auf Basis der konkreten Überflugeignisse an den Untersuchungstagen ermittelt worden.

Die Datenbasis der Belastigungsprofile der Vertiefungsstudie sind stunden- und tagesbezogene Belastigungs-/Störungsurteile der 200 Untersuchungsteilnehmer. Es sind in den Tagesprofilanalysen nur solche einzelnen Subgruppen (z.B. Pegelklasse und Tagesstunde) untersucht worden, bei denen sich die Anzahl der Urteile auf mehr als eine Person bezieht.

Die nachfolgende Abbildung zeigt gemittelte Lärmelastigungsurteile pro Stunde in Abhängigkeit der Pegelklasse. Die Linie der durchschnittlichen Belastigung ist dabei um die Effekte des Fluglärmpegels und Aufenthaltsortes innerhalb/außerhalb des Hauses bereinigt, d.h. die Tageszeitunterschiede gelten pegelübergreifend und unabhängig vom Aufenthaltsort.

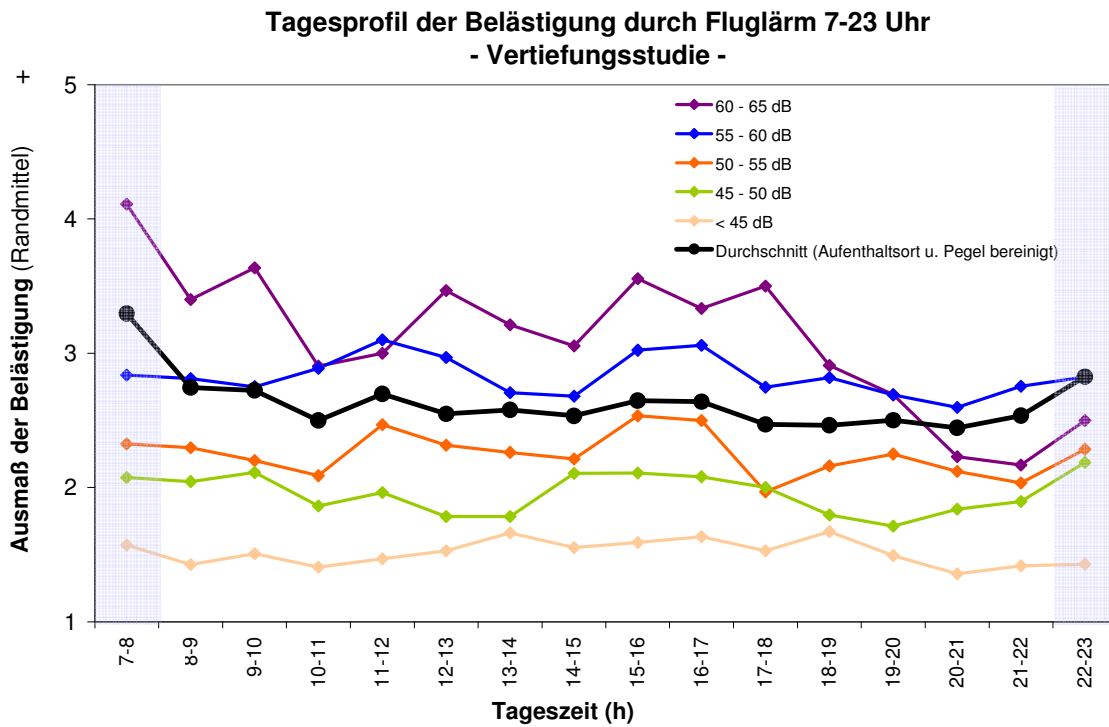


Abbildung 3-3: Tagesprofil der Belästigung durch Fluglärm (Vertiefungsstudie)

Die angegebenen Mittelwerte der Belästigungsurteile pro Tageszeitfenster und Pegelklasse (Randmittel) sind um die Effekte der Messwiederholung (pro Stunde und Ta), die Durchschnittslinie der Belästigung zudem um die Effekte des Pegels und des Aufenthaltsortes innerhalb/außerhalb des Hauses bereinigt.

Dieses Tagesprofil auf Basis der akuten Belästigungsurteile weist Ähnlichkeiten und Unterschiede zu den stündlichen Belästigungsangaben aus der Breitenerhebung auf. Ähnlichkeiten zeigen sich in einer etwas erhöhten Lärmbelastigung in den Morgenstunden und der abendlichen Randstunde 22-23 Uhr. In der Breitenerhebung waren am Morgen in den Zeiten 5-6 Uhr sowie zwischen 8-9 Uhr erhöhte Belästigungswerte gegenüber den Angaben in den Stunden unmittelbar danach berichtet worden, am Wochenende zwischen 5-7 Uhr. In der Vertiefungsstudie, in der Stundenbelastigungsdaten erst für den Zeitraum ab 7 Uhr erhoben wurden, zeigten sich insgesamt erhöhte Belästigungswerte direkt in der ersten beurteilten Stunde, also zwischen 7-8 Uhr, insbesondere in der Pegelklasse 60-65 dB. Ebenfalls ähnlich zu den Ergebnissen der Breitenerhebung ist die – durch Außenaufenthalt am Haus bedingte – Tagesspitze am Nachmittag, erkennbar in den Belästigungsprofilen pro Pegelklasse. In der Linie der Durchschnittsbelästigung (schwarz) zeigt sich die Nachmittagsspitze nicht, weil hier der Effekt des Aufenthaltsortes explizit herausgerechnet wurde, um die reinen Tageszeiteffekte deutlicher darstellen zu können.

Die gegen 18-20 Uhr bei dem generalisierten Belästigungsprofil festzustellende Anhebung der Belästigung findet sich in dem Profil der akuten Belästigung in der Vertiefung nicht. Die zu dem Zeitpunkt überwiegend angegebene Tätigkeiten sind „essen“ und „Musik hören/TV sehen“. Es sind Aktivitäten, bei denen der Fluglärm entweder durch lauter stellen der Geräte bzw. lauter sprechen teilweise kompensiert werden kann oder die selbst kurzfristig vom Fluglärm ablenken können, so dass das unmittelbar danach erhobene Stundenbelästigungsurteil niedriger ausfällt als im generalisierten Belästigungsprofil. Der wesentliche Unterschied zu den Aussagen in der Breitenerhebung besteht darin, dass die akute Belästigung in den Abendstunden (bei gleichem Pegel) erst zur Nachtrandzeit 22-23 Uhr deutlicher ansteigt.



In der Breitenerhebung wird ein erhöhter Ruheanspruch insbesondere für die Nacht, die Randstunde 5-6 Uhr, die Mittags-/Frühnachmittagszeit (13- 15 Uhr) und den Abend ab 20 Uhr formuliert. Es wird vermutet, dass beim generalisierten Belastungsprofil stärker als beim akuten Belastungsprofil allgemeine Ruheansprüche in der Abendzeit auch vor der Nachtrandstunde in das Belastungsurteil mit einfließen.

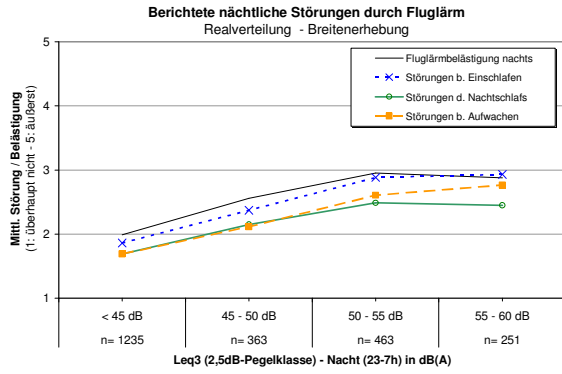
Ein weiteres Ergebnis der Vertiefungsstudie ist, dass die Anzahl der Überflüge insgesamt eine stärkere Beziehung (Korrelation) zur Fluglärmelastigung aufweist als der Maximalpegel der Überflüge. Je nach Wahl des Maximalpegels wird durch die bloße Überflughäufigkeit um 6 bis 10% mehr Varianz der Fluglärmelastigung aufgeklärt. Dabei ist die Lästigkeit der Überflughäufigkeit nicht an dem Schwellenwert 70 dB(A) gebunden, der dem NAT<sub>70</sub> zugrunde liegt. Andernfalls würde der NAT<sub>70</sub> eine höhere Korrelation mit der Belastigung aufweisen, was nicht der Fall ist. Zu einigen Tagesstunden klärt die Anzahl der Überflüge um 3-4% mehr Varianz der Fluglärmelastigung auf als der L<sub>eq3</sub>-Wert. Dabei handelt es sich um die Tagestunden 7-8 Uhr (19% Varianzaufklärung durch den L<sub>eq3</sub>, 23% durch Anzahl der Überflüge), 8-9 Uhr (22% durch L<sub>eq3</sub>, 26% durch Überflugszahl), 21-22 Uhr (12% durch L<sub>eq3</sub>, 15% durch Überflugszahl).

In der Vertiefungsstudie hat sich weiterhin gezeigt, dass bei gleichem Pegel die akuten Stundenbelastigungen bei Flugzeuglandungen höher sind als bei Starts.

Außerdem sind die Stundenbelastigungen bei wetterbedingten offenen und gekippten Fensterstellungen höher als bei geschlossenen Fenstern, bei kommunikativen Aktivitäten geringer als bei anderen Aktivitäten, die auf Entspannung, Ruhe und Konzentration ausgerichtet sind.

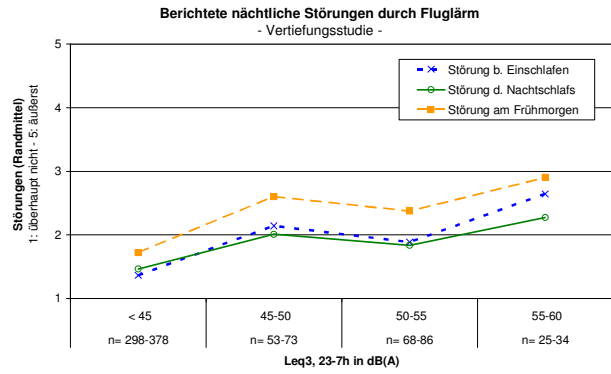
Bezogen auf nächtliche Störungen haben die Daten der Breitenerhebung und Vertiefungsstudie gemeinsam ergeben, dass der störende Fluglärm insbesondere im Hinblick auf eine Verkürzung der Schlafzeit für die Betroffenen ein Problem darstellt. So berichten in beiden Teilstudien die Befragten bei gleichem Pegel höhere Störungen beim Einschlafen und frühmorgens beim Aufwachen als beim Durchschlafen in der Nachtzeit dazwischen (siehe dazu Abbildung 3-4). Allerdings besteht ein Unterschied in der Beurteilung der Störungen beim Einschlafen und morgens beim Aufwachen. Während in der Breitenerhebung die Einschlafstörungen höher als die Störungen beim Ausschlafen sind, ist es in der Vertiefungsstudie umgekehrt. Möglicherweise liegt das daran, dass in der Vertiefungsstudie unmittelbar nach dem Aufstehen die Störungen in der konkreten zurückliegenden Nacht beurteilt wurden und hierbei die gerade erlebten frühen Morgenstunden (zwischen Aufwachen und Aufstehen) eher erinnerbar sind als die Störungen beim Einschlafen (chronologisch rückwärts gerichtete Erinnerung). Dagegen wurden die Interviews in der Breitenerhebung überwiegend nachmittags und abends durchgeführt, so dass hier eher die Abendzeit und Zubettgehzeit im Fokus der Aufmerksamkeit des Befragten steht (chronologisch vorwärts gerichtete Erinnerung).

a) Breitenerhebung



n = Anzahl der Probanden

b) Vertiefungsstudie



n = Anzahl der Einzelstörungsurteile über 200 Probanden und drei Nächte

Abbildung 3-4: Berichtete Störungen durch nächtlichen Fluglärm in der Breitenerhebung (a) und Vertiefungsstudie (b)

## 4. Subjektive Gesundheit

Die subjektive Gesundheit<sup>7</sup> wurde mittels Fragen zur gesundheitsbezogenen Lebensqualität, Gesundheitsbeschwerden, der Lebenszufriedenheit und der subjektiven Schlafqualität erfasst. Diese medizinpsychologischen Verfahren beinhalten keine lärmspezifischen Fragen und können mit Vergleichspopulationen abgeglichen werden.

### *Gesundheitsbezogene Lebensqualität (SF-36 / SF-12)*

Gesundheitsbezogene Lebensqualität ist mit subjektiven Gesundheitsindikatoren gleichzusetzen und bezeichnet ein multidimensionales psychologisches Konstrukt. Die subjektiven Gesundheitsindikatoren wurden mit den international normierten Fragebögen SF-36 und SF-12 erfasst. Dabei wurden die Skalen Psychische und Körperliche Summenskala des SF-12 und die psychischen Subskalen „Vitalität“ und „Psychisches Wohlbefinden“ des SF-36 eingesetzt.

Die Befragten der mittleren Pegelstufen bis 50-55 dB(A) ( $LA_{eq3, 06-22}$ ) zeichnen sich durch eine geringere Vitalität und geringeres psychisches Wohlbefinden aus. Die Befragten der Pegelklassen 55-60 dB(A) und über 60 dB(A) sind weniger in ihrer Lebensqualität durch den Fluglärm beeinflusst. Dieses Bild zeigt sich ebenfalls bei einer differenzierteren Betrachtung über die neun Pegelstufen in 2,5 dB(A)-Schritten oder unterschiedlicher Berechnungsverfahren (Realverfahren, 100/100 Regel). Es wurden umfangreiche Prüfungen für die medizinpsychologischen Verfahren SF36, GBB-24 und Lebenszufriedenheit gemacht, ob soziodemographische Variablen, Wohndauer im Gebiet (wegen etwaiger Anpassungsprozesse), Ortslagen etc. zu dieser Senke beigetragen haben können. Dies hat sich allerdings nicht bestätigt, so dass von bislang nicht zu erklärenden aber systematischen Zusammenhängen auszugehen ist.

Personen mit zwei oder mehr Krankheiten berichten mit steigendem Fluglärmpegel über ein schlechteres psychisches Wohlbefinden, während bei den Personen, die weniger Krankheiten berichten, eine geringere Wirkung zu beobachten ist. Auch ältere Befragte berichteten über ein schlechteres psychisches Wohlbefinden, wenn sie aus höher belasteten Fluglärm-Gebieten (über 60 dB(A),  $LA_{eq3, 06-22}$  100/100 Regel) kommen.

---

<sup>7</sup> Unter dem Begriff der subjektiven Gesundheit wird in diesem Bericht die subjektive Wahrnehmung der Gesundheit aus Patientensicht verstanden. Dabei werden explizit auch psychosoziale Dimensionen erfasst. Sämtliche hier verwendeten Daten zur subjektiven Gesundheit wurden durch den Selbstbericht der Befragten erfasst; es wurden keine (medizinischen) Messungen durchgeführt.

Geschätztes Randmittel von Psychisches Wohlbefinden (0-100) in %

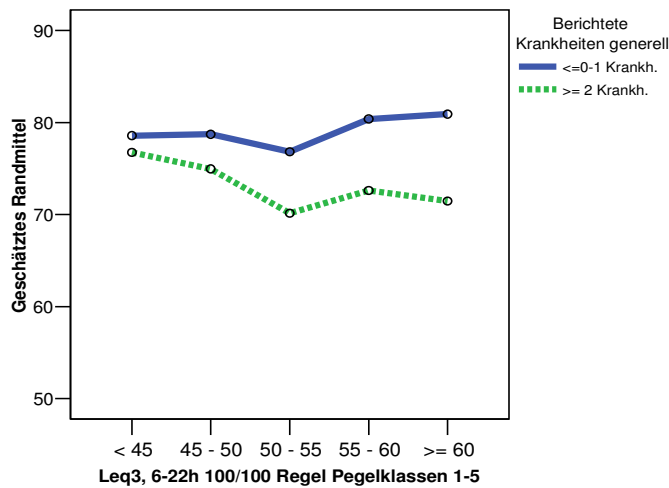


Abbildung 4-1: Geschätzte Mittelwerte der Skala „Psychisches Wohlbefinden“ (Mental Health Skala des SF-36) der Interaktion Morbidität (selbst berichtete Krankheiten) x Schallpegel ( $LA_{eq3, 06-22, 100/100}$  Regel)

Personen, die nach dem Flughafenausbau keine Verschlechterung ihrer persönlichen Lage/ Wohnsituation erwarten, berichten über eine höhere Lebensqualität als die Personen, die eine Verschlechterung ihrer Situation annehmen. Ähnlich wie in früheren Untersuchungen am Frankfurter Flughafen (Kastka, 1999) konnte gezeigt werden, dass Personen, die bezüglich der Fluglärmsituation aktiv sind, über ein schlechteres Befinden berichten.

In den übrigen erhobenen Bereichen zur gesundheitsbezogenen Lebensqualität konnten kaum Unterschiede in Abhängigkeit des Schallpegels durch den Flugverkehr aufgedeckt werden. Auch konnten keine Dosis-Wirkungs-Beziehungen oder Schwellenwerte für subjektive Gesundheitsbeeinträchtigungen und der psychischen Komponente der Lebensqualität<sup>8</sup> nachgewiesen werden.

Insgesamt unterscheiden sich die Befragten in ihrer gesundheitsbezogenen Lebensqualität nicht von der übrigen Bevölkerung.

#### Gesundheitsbeschwerden (GBB-24)

Die Effekte des Fluglärms auf die subjektiven gesundheitlichen Beschwerden sind als vergleichsweise schwach zu bezeichnen. Wie schon bei der Ergebnisdarstellung zur gesundheitsbezogenen Lebensqualität, sind die größten Effekte durch Fluglärm zwischen den Pegelklassen <45 dB(A) und 50 dB(A) -

<sup>8</sup> Die Befundlage der internationalen Lärmwirkungsforschung bezüglich der psychischen Dimension der Lebensqualität in Abhängigkeit der Fluglärmexposition ist nicht geklärt: In einer Studie am Flughafen von Sydney (Issarayangyun et al. 2005) konnten Effekte der Mental Health Skala des SF-36 nachgewiesen werden (Extremgruppenvergleich), wohingegen in der Studie von Houthuijs & v. Wiechen (2006) am Amsterdamer Flughafen Schiphol, keine direkten Wirkungen der Mental Health Skala durch Fluglärm nachgewiesen werden konnten.

55 dB(A) aufgetreten. Dies war sowohl beim Beschwerdedruck als auch bei der Erschöpfung nachzuweisen; hier zeigen sich auch die stärksten Bezüge zur geringeren Vitalität der Befragten. Die Befragten der höheren Pegelgruppen (ab 60 dB(A)) zeigten erneut keine Einbußen der Befindlichkeit.

Die Anzahl geäußerter gesundheitlicher Beschwerden steht in einem deutlichen Zusammenhang mit der berichteten Lärmbelastigung, weniger deutlich ist jedoch der Zusammenhang mit den einwirkenden Schallpegeln.

### *Lebenszufriedenheit*

Die Befragten berichten insgesamt eine mit der Gesamtbevölkerung vergleichbare Lebenszufriedenheit. Die höchsten Zufriedenheitswerte finden sich in den Dimensionen „Familienleben“, „Partnerschaft / Sexualität“, „Freunde und Bekannte“, und dies in den höchsten Pegelklassen (jeweils für die 100/100 Regel und die Realverteilung). Die Ergebnisse zur Zufriedenheit mit der Gesundheit sowie der Gesamtindex der Lebenszufriedenheit hingegen, zeigen ein ähnliches Muster wie bei den anderen beiden medizinspsychologischen Verfahren: Die Bewohner der mittleren Pegelklassen berichten die schlechteste Zufriedenheit mit der Gesundheit im Gegensatz zu den Personen der niedrigeren und höheren Pegelklassen. Die Wohnzufriedenheit aber hängt vom Schallpegel ab: Je höher der Schallpegel, desto geringer war die Wohnzufriedenheit.

Um allgemeine Bereiche der Lebenszufriedenheit mit umweltspezifischen (allgemein und Fluglärm) vergleichen zu können, wurde nach der Zufriedenheit mit den allgemeinen Umweltbedingungen und dem Fluglärm gefragt.

Bei der „Zufriedenheit“ mit Fluglärm sind klare Dosis-Wirkungsmuster zu erkennen: Die Befragten sind ab einem Pegel von 50 – 52,5 dB(A) mit der Fluglärmsituation unzufrieden. Im Gegensatz zu lärmunspezifischen Fragen finden hier sich klarere Wirkungsbeziehungen zum Fluglärmpegel.

Personen, die von einer Verschlechterung ihrer Situation durch den Flughafenausbau ausgehen, gaben durchgängig über alle Pegelklassen negative Zufriedenheitswerte bezüglich des Fluglärms an, während bei den Personen, die eine Verbesserung oder ein Gleichbleiben ihrer Situation erwarten, erst dann negative Zufriedenheitswerte zu sehen sind, wenn sie in Gebieten mit der höchsten Schallpegelklasse ( $\geq 60$  dB(A)) leben.

### *Subjektive Schlafqualität*

Die meisten Befragten um den Frankfurter Flughafen gehen in der Zeit von 22:00 bis 23:00 zu Bett und stehen in der Zeit von 06:00 bis 07:00 wieder auf. Hinsichtlich der Bettgeh- und Aufstehzeiten wurden keine nennenswerten Unterschiede, die auf den Pegel zurückgehen, beobachtet. Die effektive Schlafzeit wurde von den Befragten mit 7.1 Stunden angegeben.

Mittels des Pittsburgh Schlaf-Qualitäts-Indexes (PSQI) wurde die subjektiv empfundene Schlafqualität aus der Sicht der Anwohner des Frankfurter Flughafens mit insgesamt sieben Skalen und einem Gesamtwert erfasst. Dabei werden die grundlegenden Dimensionen des Schlafes, wie die subjektive Schlafqualität, Einschlafdauer, Schlafdauer, Schlaffeffizienz, Schlafstörungen, Schlafmittelkonsum und Tagesmüdigkeit erfragt. Das Instrument sichert internationale Vergleichbarkeit und erfasst unvoreingenommen die Schlafqualität, da Fluglärm hier nicht explizit thematisiert wird.

Nächtlicher Fluglärm wirkt auf die subjektive Schlafqualität und die Schlaflatenz: Mit steigendem Fluglärmpegel wurde über eine schlechtere Schlaflatenz (Einschlafdauer) und Schlafqualität berichtet.

Trotzdem sind die hier berichteten Effekte als eher schwach zu bewerten. Insgesamt wies die untersuchte Stichprobe vergleichbare Werte auf, wie dies in entsprechenden Referenzuntersuchungen berichtet wurde. So konnten nur 23% statt 32% im Vergleich zu einer Referenzstichprobe als schlafgestört zu klassifizierende Personen ermittelt werden. Hinsichtlich des nächtlichen Fluglärms wurden insgesamt für diesen Themenkomplex wesentlich stärkere Effekte erwartet.

Deutlichere Zusammenhänge zwischen Fluglärm und Auswirkungen auf die Nacht zeigen die erstellten Dosis-Wirkungs-Kurven zu den Störungen und Belästigungen in der Nacht, wie in Kapitel 2 und 3 bereits berichtet.

## 5. Subjektive Wohn- und Umweltqualität

Fluglärm ist in der Rhein-Main-Region ein überaus wichtiges Thema. Bereits wenn die Störung allgemeiner Lebensbedingungen abgefragt wurde, ohne Fluglärm zu thematisieren, wurde er von 63% aller Befragten, die störenden Lebensbedingungen in der Rhein-Main-Region zustimmten, genannt. Hierbei war ein kontinuierlicher Anstieg der Antworten in den hohen Pegelklassen zu beobachten: In der höchsten Pegelklasse ab 60 dB(A) gaben ca. 75% der Befragten Fluglärm als störende Lebensbedingung an.

Die allgemeine Zufriedenheit der Wohngegend und der näheren Wohnumgebung, welche signifikant vom Schallpegel abhängig war, konnte durch das „Äußere Erscheinungsbild der Wohngegend“ und „Ruhe in der Wohngegend“ dargestellt werden.

Die für die Wohnumgebungszufriedenheit wichtigen Faktoren sind: (1) Infrastruktur, (2) Ruhe und (3) Attraktivität (der Umgebung). Während Faktor 1 und 3 keine Fragen zum Thema Lärm/ Fluglärm abbilden, thematisiert der Faktor „Ruhe“ die Zufriedenheit jeweils mit der „Ruhe in der Wohngegend“, „Schalldämmung der Fenster“ und „Schalldämmung der Wohnung/ des Hauses“.

Die Gesamtskala der Wohnumgebungszufriedenheit wurde sehr deutlich von dem lärmbezogenen Faktor „Ruhe“ dominiert, insbesondere durch das Item „Zufriedenheit mit der Ruhe in der Wohngegend“ (vgl. Abbildung 5-1), gefolgt von der „Zufriedenheit mit der Schalldämmung der Fenster“ und „Schalldämmung der Wohnung/ des Hauses“.

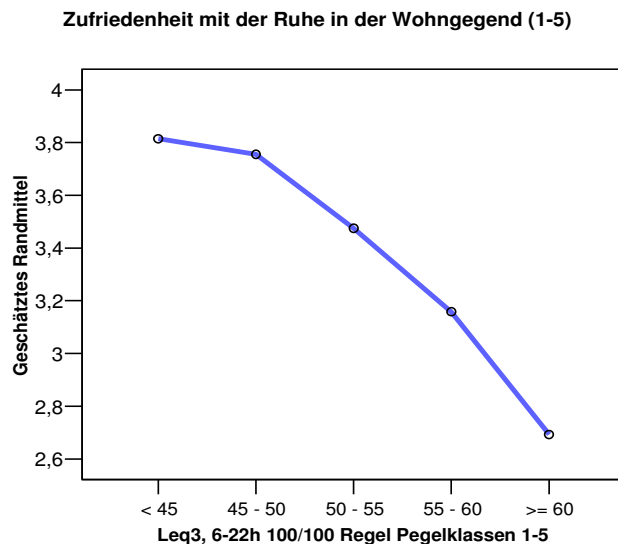


Abbildung 5-1: Zufriedenheit mit der Ruhe in der Wohngegend (Skala von 1-5), kontrolliert für soziodemographische Variablen in Abhängigkeit vom Schallpegel ( $LA_{eq3, 06-22, 100/100}$  Regel)

Wird das Thema Lärm oder Zufriedenheit mit der Ruhe in der Wohngegend von den Befragten selbst angesprochen, sind deutliche Effekte von Dosis-Wirkungen hinsichtlich der Fluglärmpegelklassen zu beobachten. Schwächere Effekte treten auf, wenn Lärm bzw. Ruhe oder Fluglärm nicht thematisiert werden.

Dennoch konnte für die Wohnumgebungszufriedenheit gezeigt werden, dass bei steigendem Fluglärmpegel die umweltbezogene Lebensqualität der Bewohner im Rhein-Main-Gebiet deutlich eingeschränkt wird.

#### *Bedrohung durch den Flugverkehr*

Die Befragten fühlen sich am meisten von durch Kerosin vermuteten Gesundheitsbeeinträchtigungen bedroht, gefolgt von einem befürchteten Wertverlust der Immobilie und geringen Überflughöhen. Mit zunehmendem tagesbezogenem Fluglärmpegel (100/100 Regel und Realverteilung) fühlten sich hoch exponierte Befragte des Rhein-Main-Gebiets zunehmend durch den Flugverkehr bedroht. Der stärkste Haupteffekt neben dem Fluglärmpegel war die Erwartung der Befragten, ob ihre Situation sich nach dem Ausbau des Flughafens verändert: Die Personen, die eine Verschlechterung ihrer Situation erwarten, fühlen sich am meisten durch den Flugverkehr bedroht.

#### *Umwelt- und Sozialprobleme*

Umwelt- und Sozialprobleme im Rhein-Main-Gebiet lassen sich durch fünf Faktoren beschreiben: „Straßenverkehr“, „Flugverkehr“, „Wirtschaftslage/ Bevölkerung“, „Sonstige Umweltprobleme“ und „Nachbarn“. Der dominante Faktor Flugverkehr wiederum setzt sich aus den Fragen „Schadstoffe von Flugzeugen“, „Fluglärm“ sowie durch die a priori nicht Flugverkehr bezogenen Items „Umweltgefährdung durch Schadstoffe im Boden/ Lebensmitteln“ sowie „Luftverschmutzung“ zusammen. Alle vier Aspekte des Faktors „Flugverkehr“ zeigten signifikante Abhängigkeiten von den Fluglärmpegelklassen. Insgesamt betrachtet lassen sich klare Wirkungs-Beziehungen nachweisen. Andere Umwelt- und Sozialprobleme spielen nach diesen Analysen eine eher untergeordnete Rolle.



## 6. Fazit und Empfehlungen

Diese umfassende Lärmwirkungsstudie hat verschieden erwartbare Ergebnisse hervorgebracht. Es ist zu konstatieren, dass die Bewohner des Rhein-Main-Gebiets durch Fluglärm gestört und belästigt sind. Sie sind es stärker als der Durchschnitt der Bewohner in Hessen und auch in der gesamten Bundesrepublik. Liegen 25% HA (25% Anteil hoher Belästigung in der Bevölkerung) der im EU-Positionspapier zur Dosis-Wirkungsbeziehung für die Lärmbelastigung (EG/WG2, 2002) aufgestellten Kurve für Fluglärm bei einem  $L_{dn}$  (Tag-/Nachtpegel) von 64 dB(A), so zeigt die Frankfurter Situation dem gegenüber eine stärkere Wirkung von Fluglärm: Der 25% HA wird hier bereits bei einem  $L_{dn}$  von etwa 54 dB(A) überschritten. Die Frankfurter Belästigungsdaten stellen dabei keine Ausreißer dar, sondern liegen im Trend der Ergebnisse jüngerer Fluglärmwirkungsstudien.

Griefahn et al. (2001, 2002) unterscheiden in ihrer Synopse als Fluglärmkriterien für den Schutz der Bevölkerung vor erheblicher Belästigung einen kritischen Toleranzwert von  $L_{eq,16h} = 65$  dB(A) (Überschreitung erfordert Lärminderungsmaßnahmen), einen präventiven Richtwert von  $L_{eq,16h} = 62$  dB(A) (Vorsorgewert) und einen Schwellenwert bei  $L_{eq,16h} = 55$  dB(A) (langfristig anzustrebender Wert). Die vorgeschlagenen Werte basieren auf eine Sichtung relevanter Lärmwirkungsstudien an verschiedenen Flughäfen bzw. im Labor und Ergebniszusammenfassung durch die Autoren. Die Werte sind nicht spezifisch auf die Situation am Frankfurter Flughafen bezogen. Dagegen spiegeln die vorliegenden RDF-Daten ausschließlich die Verhältnisse am Frankfurter Flughafen wider. Hier beträgt der %HA-Anteil (Urteil zur Fluglärmbelästigung insgesamt in den letzten 12 Monaten) in Abhängigkeit des 16h-Tagespegels (Realverteilung) bei einem präventiven Richtwert von 62 dB(A) mehr als 50% und beim Schwellenwert 35%<sup>9</sup>.

Wieviel Prozent hoch Belästigter zumutbar sind, kann wissenschaftlich nicht eindeutig definiert werden; dies unterliegt einem gesellschaftlichen Diskurs. Mit den im Rahmen dieses Gutachtens gewonnenen Ergebnissen erhält das Regionale Dialogforum Flughafen Frankfurt (RDF) die Möglichkeit, entsprechend seiner Forums-Funktion diesen Diskurs auf Basis einer regionsspezifischen und aktuellen Datenlage unter den beteiligten Gruppen zu führen.

Besonders die Störungen und Belästigungen in der Nacht tragen zu diesen hohen Störungswerten bei: Schon in der  $L_{eq3}$ -Pegelklasse 50-52,5 dB(A) – berechnet nach 100/100-Regel – finden sich 25% hoch durch nächtlichen Fluglärm Belästigte, der Mittelwert der nächtlichen Belästigung liegt hier etwa bei 2,8 (von fünf Skalenstufen). Bezogen auf den nächtlichen Flugverkehr fällt die Pegel-Belästigungsbeziehung bei einer Pegelberechnung nach der 100/100-Regel etwas enger aus als bei der Realverteilung. Dieser Unterschied zwischen den Berechnungsverfahren lässt sich für die Fluglärmbelastung tagsüber nicht in gleichem Maße feststellen. Dass für die Nacht die Berechnung des jahresgemittelten Fluglärmpegels nach der 100/100-Regel und für den Tag die Berechnung nach Realverteilung erfolgt, ist aus der Perspektive des statistischen Pegel-Belästigungszusammenhangs zulässig. Keines der Berechnungsverfahren kann als ungeeignet zur Beschreibung der Belästigungswirkung verworfen werden.

<sup>9</sup> Für die Angabe des %HA-Anteils am Frankfurter Flughafen beim kritischen Toleranzwert von 65 dB(A) müssten die Daten extrapoliert werden. Dies wird im Rahmen dieses Gutachtens jedoch nicht vorgenommen.

Auch das Leben außerhalb der (möglicherweise passiv Lärm geschützten) eigenen Wände wird durch den Fluglärm beeinträchtigt. Die befragten Anwohner des Rhein-Main-Gebiets berichten über Aktivitätenstörungen im Außenbereich durch Fluglärm und sie sehen sich in ihrer Wohnzufriedenheit durch den Fluglärm beeinträchtigt. Die Befragten in dieser sowie auch in anderen Lärmwirkungsuntersuchungen schließen in ihr Belästigungsurteil die (eingeschränkte) Möglichkeit der Außennutzung ihrer Wohnung/ihrer Hauses explizit mit ein. Zum Wohnen gehören die Nutzung von Balkon, Terrasse und Garten sowie die Möglichkeit zur Lüftung durch das Öffnen von Fenstern dazu. In so fern mindern zwar Schallschutzfenster die Fluglärmexposition im Haus, nicht aber notwendigerweise dadurch die insgesamt erlebte Fluglärmbelästigung.

Die akute Fluglärmbelästigung fällt innerhalb des Hauses kurzfristig durch das Schließen von Fenstern geringer aus. Langfristig wird dagegen eher eine höhere Fluglärmbelästigung bei geschlossenen Fenstern berichtet, vor allem nachts. Mehrheitlich bevorzugt die Bevölkerung gekippte Fenster, und vor allem bei wärmerem Wetter wird häufiger gelüftet. Wer dennoch das Fenster insbesondere nachts geschlossen hält, berichtet gleichzeitig eine höhere Fluglärmbelästigung, einen schlechteren Gesundheitszustand und eine geringere Schlafqualität. Das heißt, den vollen Umfang ihrer Schutzfunktion erfüllen Schallschutzfenster nachts vor allem für gesundheitlich beeinträchtigte, vulnerable Personen. Gewissermaßen stellt für die Bevölkerung nachts das geschlossene Fenster bzw. der Verzicht auf Lüftung ein „letztes Mittel der Wahl“ zur Lärminderung dar. Die Priorität von aktiven Schallschutzmaßnahmen gegenüber einem passiven Schallschutz ist bekannt und wird anhand der vorliegenden Daten erneut unterstützt.

Zu den vulnerablen Gruppen zählen Ältere sowie durch Erkrankung vorbelastete Menschen. Entsprechend zeigen sie stärkere Beeinträchtigungen durch Fluglärm als junge, gesunde Menschen.

Die vermeintlichen Gesundheitsschäden durch Kerosin, Bedrohungsgefühle durch geringe Überflughöhen und nicht zuletzt auch die Furcht vor Wertverlust der eigenen Immobilie beeinflussen die Lebenssituation um den Frankfurter Flughafen. Es empfiehlt sich für das RDF diese Befürchtungen in der Bevölkerung in den Dialog mit den Betroffenen zum Flugverkehr und zum Flughafenausbau aufzugreifen und diesbezüglich die bisherige Informationsarbeit fortzusetzen und zu intensivieren.

Ein erhöhter Schutzbedarf hat sich zu den Randstunden des Tages morgens und abends herausgestellt. In der Breitenerhebung ist die morgendliche Belästigung werktags um 5-6 Uhr sowie 8-9 Uhr bei gleichem Pegel erhöht, am Wochenende im Zeitraum 5-7 Uhr. In der Vertiefungsstudie ist es morgens der Zeitraum 7-8 Uhr (werktags und am Wochenende), insbesondere bei einem Stunden- $L_{eq3} > 60$  dB(A). Eine nachmittägliche Belästigungsspitze um 15-17 Uhr spiegelt den vermehrten Außenaufenthalt am Haus wider, der entsprechend mit einer höheren Fluglärmexposition im Vergleich zum Aufenthalt im Haus verbunden ist. Abends ist in der Randstunde 22-23 Uhr eine erhöhte Lärmbelästigung bei gleichem Pegel im Vergleich zu den Tagesstunden davor festzustellen. Für den Zeitraum 19-20 Uhr – laut Vertiefungsstudie zur Abendessen- und Fernsehzeit – berichten die Befragten in der Breitenerhebung eine höhere Belästigung, in der Vertiefungsstudie berichten sie dies nur am Wochenende.

Insgesamt ist am Wochenende die Lärmbelästigung zu allen Tageszeiten höher als werktags, deswegen fallen die Unterschiede in der Belästigung zwischen den einzelnen Tagesstunden geringer als an Werktagen aus.

Hinsichtlich des Belästigungsverlaufs am Tage ist eine engere Beziehung zur Anzahl der Überflüge und der damit verbundenen Verkürzung von Ruhezeiten als zur Lautheit (Maximalpegel) der einzel-

nen Flugverkehrsgeräusche festzustellen. Vor diesem Hintergrund ist es nicht verwunderlich, dass angesichts der steigenden Flugverkehrsmenge die Lärmbelästigung über die Jahre trotz leiserer Maschinen zugenommen hat, der weitere Trend dieser Entwicklung (Flugverkehrsmenge und Belästigung) sollte beobachtet werden.

Weiterhin belästigen bei gleichem Pegel Landungen stärker als Starts. In den östlichen Ortslagen ist demzufolge bei Westbetrieb, in den westlichen und nord-westlichen Ortslagen bei Ostbetrieb die Fluglärmbelästigung ausgeprägter.

Ganz besonders beeinträchtigt fühlen sich diejenigen Anwohner, die eine Verschlechterung ihrer Situation nach dem Flughafenausbau erwarten: Sie sind heute schon stärker gestört und belästigt, berichten eine geringere Lebensqualität und Einschränkungen in ihrer Lebenszufriedenheit. Dies gilt für Personen, die tatsächlich eine Verschlechterung ihrer Situation zu erwarten haben, aber es erwarten auch eine ganze Reihe von Menschen Verschlechterungen, obwohl sich ihre Lärmsituation laut heute verfügbarer Prognosepegel verbessern könnte. Unabhängig von der Ursache der Erwartungshaltung, ergeben sich hier Ansatzpunkte für die Optimierung der Risikokommunikation zum Ausbau des Flughafens. Ziel sollte es sein, Befürchtungen durch offensiv ausgerichtete, sachliche sowie transparente Kommunikationsmaßnahmen zu begegnen. Die Gutachter sehen auch durch die Gestaltung der Kommunikationspolitik eine wesentliche Möglichkeit, lärmbezogene Gesundheits- und Befindlichkeitsstörungen zu minimieren. Denn es konnte gezeigt werden, dass im Bereich der Belästigung und der subjektiven Gesundheit zur Ausprägung von Befindlichkeitsstörungen neben objektiven Einflüssen (Schallpegel) auch subjektive Einflussvariablen zu beachten sind. Diese zielgerichteten Kommunikationsmaßnahmen, sollten systematisch hinsichtlich ihrer Effektivität unter dem Gesichtspunkt der Kosten-Nutzen-Analysen evaluiert werden.

Hinsichtlich der gesundheitlichen Lebensqualität zeigte sich in vielen Teilbereichen eine so genanntes „Senke“/ „Gipfel“ Phänomen der Daten: Bereits Personen mit mittlerer Belastung durch Fluglärm im Bereich von 50-55 dB(A) weisen eine geringere subjektive Lebensqualität / Gesundheitszufriedenheit/ Beschwerden auf als Personen mit niedriger aber auch höherer Belastungen durch Fluglärm. Ob hierfür regionale Besonderheiten verantwortlich sind, oder bereits durch Selektionsprozesse, speziell in den höher belasteten Gebieten, nur noch besonders „robuste“ Personen leben, kann im Rahmen dieser Querschnittsuntersuchung nicht geklärt werden. Eine weitere Hypothese, die auch die Thematik der Erwartungen zum Flughafenausbau mit einbezieht, lautet, dass die Personen mit mittlerer Fluglärmbelastung die erwartete Veränderung am stärksten als *qualitative* Veränderung insb. Verschlechterung ihrer Lebensumstände begreifen und daher schon jetzt (vor dem Ausbau) ein geringeres generelles Wohlbefinden in der Wohn- und Lebensqualität artikulieren als die Personen der übrigen Pegelklassen. Diese Annahme lässt sich allerdings anhand der vorliegenden Querschnittsdaten nicht belegen und bedarf einer Überprüfung etwa im Rahmen eines kombinierten Fluglärmwirkungs-/ Sozialmonitorings.

Insgesamt ist die subjektiv wahrgenommene Gesundheit (Beschwerdedruck, gesundheitsbezogene Lebensqualität, Lebenszufriedenheit, Schlafqualität) der Befragten in ihrer Ausprägung vergleichbar mit dem Bundesdurchschnitt. Ein systematischer Bezug zwischen gesundheitlichen Beeinträchtigungen und Pegeln im Sinne von linearen Dosis-Wirkungs-Beziehungen konnte nicht hergestellt werden.

Die Gutachter empfehlen die Einrichtung eines Fluglärmwirkungsmonitoring im Rhein-Main-Gebiet. Aus Gründen der Effizienz ist dabei zu prüfen, inwiefern eine regelmäßige Messung der Fluglärmwir-

kungen mit dem geplanten Sozialmonitoring sowie dem (akustischen) Fluglärmmonitoring für das Rhein-Main-Gebiet verknüpft werden kann. Ziel des Fluglärmwirkungs-Monitoring sollte sein, die in diesem Gutachten dargestellten Entwicklungen in der Belästigung und der Wohn- und Lebensqualität weiter zu verfolgen. Dabei gilt es, die Monitoring-Ergebnisse im Sinne eines Fine-Tunings für Maßnahmen der Lärminderung, soweit möglich der zeitlichen und räumlichen Flugbewegungssteuerung und der weiteren zielgruppenspezifischen Aufklärung und Information zu nutzen. Dabei ist zu betonen, dass Aufklärung und Information in mehrere Richtungen zu verfolgen ist. Zum einen ist weitere, intensive Aufklärung und Information auf die Bevölkerung im Hinblick auf die Veränderungen am Flughafen und daraus resultierende Wirkungen auszurichten. Zum anderen aber sind auch die Entscheidungsträger in Bezug auf den Flugverkehr in Politik, Verwaltung und Wirtschaft (Betreiber, Flugverkehrsgesellschaften, weitere Unternehmen) sowie Multiplikatoren darüber zu informieren, welche Wirkungen Entscheidungen und Planungen zum Flugverkehr am Frankfurter Flughafen im Weiteren auf die Bevölkerung hat (Maßnahmencontrolling), welche Reaktionen in der Bevölkerung auftreten bzw. zu erwarten sind und welche möglicherweise befürchteten Reaktionen eben nicht auftreten.

Im Monitoring sollte verfolgt werden ...

- ...welcher Entwicklung die derzeitige Wirkung des Fluglärms auf die Belästigung in der Rhein-Main-Bevölkerung im Zuge weiterer Ausbauphasen des Flughafenausbaus bzw. nach Ausbau unterworfen ist.
- ..wie Wirkunterschiede von Fluglärmrechnungen nach 100/100-Regel bzw. Realverteilung in gezielt ausgewählten Gebieten, für die sich größere Abweichungen zwischen den beiden Berechnungsverfahren ergeben, ausfallen.
- welche Kausalrichtung die Beziehung zwischen Belästigung und gesundheitsbezogenen Wirkungen einnimmt. Hier sollten vor allem vulnerable Gruppen besonders berücksichtigt werden. Es ist dabei zu prüfen, inwieweit die Daten zur subjektiv empfundene Gesundheit der Befragten um ärztliche Untersuchungen oder Sekundärdaten ergänzt werden können.

Zusammenfassend ist dem RDF und seinen Mitgliedern anzuraten, in der weiteren Diskussion zur Wirkung des Fluglärms im Umfeld des Frankfurter Flughafens den folgenden Punkten Aufmerksamkeit zu schenken:

- Beachtung der spezifischen Frankfurter Situation bezüglich des Anteils hoch Belästigter
- Beachtung besonderer Wochentage (Wochenende) und Tagesstunden (Randstunden) erhöhter Lärmbelästigung bei gleichem Pegel
- Beachtung der Bedeutung aktiver Schallschutzmaßnahmen im Verhältnis zum passiven Schallschutz (Fensterausbau), um eine Außennutzung des Wohnbereichs gewährleisten zu können
- Beachtung vulnerabler Gruppen (Ältere, Menschen mit Vorerkrankungen, lärmempfindliche Personen) bei der Diskussion um und Planung von Lärminderungsmaßnahmen
- Intensivierung offensiv ausgerichteter, sachlicher sowie transparenter Information und Kommunikation, um Vertrauen und Glaubwürdigkeit zu sichern und etwaige Wissenslücken (bei allen Beteiligten) zu minimieren.

- Beobachtung (Monitoring) der weiteren Entwicklung im Lärmwirkungs- und Sozialbereich und in Verbindung damit Evaluation der Effektivität der Kommunikationspolitik und der technischen Lärminderungsmaßnahmen unter dem Gesichtspunkt von Kosten-Nutzen-Analysen. Der Nutzen ist dabei nach Ansicht der Gutachter wirkungsseitig zu definieren. Einer Maßnahme – sei sie technischer oder kommunikativer Art – wird ein Nutzen für die Bevölkerung zugeschrieben, wenn sich positive *Wirkungen* auf die Befindlichkeit sowie Wohn- und Lebensqualität abzeichnen bzw. negative Wirkungen reduziert werden. Überspitzt formuliert ist dabei eine in dB-Werten quantifizierbare Geräuschminderung als geeignetes Mittel und nicht als Ziel anzusehen.

## Literatur

- EC/WG2 – Dose/Effect (2002). Position paper on dose response relationships between transportation noise and annoyance. [http://ec.europa.eu/environment/noise/pdf/noise\\_expert\\_network.pdf](http://ec.europa.eu/environment/noise/pdf/noise_expert_network.pdf).
- Griefahn, B., Jansen, G., Scheuch, K., Spreng, M. (2001). Synopse. Im Auftrag der Fraport AG, Flughafen Frankfurt/Main AG, Frankfurt. [http://www.dflid.de/cgi-bin/FRAPORT\\_01xxxx\\_Laermgutachten.pdf](http://www.dflid.de/cgi-bin/FRAPORT_01xxxx_Laermgutachten.pdf), 14.07.06.
- Griefahn, B., Jansen, G., Scheuch, K., Spreng, M. (2002). Fluglärmkriterien für ein Schutzkonzept bei wesentlichen Änderungen oder Neuanlagen von Flughäfen/Flugplätzen. Zeitschrift für Lärmbekämpfung, 49. 171-175.
- Houthuijs D.J.M, van Wichem C.M.A.G (2006). Monitoring van gezondheid en beleving rondom de luchthaven Schiphol. RIVM report 63010003/2006. Bilthoven: RIVM.
- Issarayangyun, T., Black, D., Black, J., Samuels, S. (2005). Aircraft noise and methods for the study of community health and well-being. Journal of the Eastern Asia Society for transportation studies, vol. 6, pp.3293-3308.
- Kastka, J. (1999). Untersuchung der Fluglärmbelastungs- und Belästigungssituation der Allgemeinbevölkerung der Umgebung des Flughafens Frankfurt. Im Auftrag der Mediationsgruppe Flughafen Frankfurt/Main. Düsseldorf.
- Kempen, E.E.M.M. van & Kamp, I. van (2005). Annoyance from air traffic noise. Possible Trends in exposure-response relationships. Report Nr. 01/2005 MGO Evk.
- Müller, U. (2004). Akustik – Ergebnisse und Diskussion der Feldstudien-Daten. In Basner, M., Buess, H., Elmenhorst, D., Gerlich, A., Luks, H., Maass, H., Mawet, L., Müller, E.W., Müller, U., Plath, G., Quehl, J., Samel, A., Schulze, M., Vejvoda, M., Wenzel, J. Nachtfluglärmwirkungen. Band 1: Zusammenfassung. S. 24-28. Köln: DLR-Forschungsbericht 2004-07.