

FLUGLÄRM UND GESUNDHEIT

LITERATURÜBERSICHT



Fluglärm und Gesundheit

Ergebnisse epidemiologischer Studien - Literaturübersicht

Amt für Gesundheit Frankfurt
Abteilung Medizinische Dienste und Hygiene
PD Dr. Ursel Heudorf

Breite Gasse 28
60313 Frankfurt

Layout der Titelseite:
Heike Märtens

Frankfurt, im Dezember 2008

Bilder auf der Titelseite mit freundlicher Genehmigung © PIA Stadt Frankfurt am Main, Tanja Schäfer und © dpa Picture-Alliance GmbH

Vorwort

Der Flughafen Frankfurt ist einer der größten Flughäfen der Welt mit derzeit ca. 500.000 Starts und Landungen pro Jahr. Im Jahre 2005 wurden hier mehr als 50 Millionen Passagiere befördert. Viele Menschen im Umfeld des Flughafens fühlen sich durch den damit verbundenen Fluglärm belästigt und sehen ihre Gesundheit durch den Fluglärm beeinträchtigt. Vor diesem Hintergrund legt das Amt für Gesundheit Frankfurt am Main zur Thematik Fluglärm und gesundheitliche Auswirkungen zwei Berichte vor:

- Bericht: Fluglärm und Gesundheit – Ergebnisse epidemiologischer Studien - Literaturübersicht
- Bericht: Fluglärm und Gesundheit – Ergänzende Auswertung der RDF-Belästigungsstudie um die Fragen zur Gesundheit.

Der vorliegende Band „Literaturübersicht“ stellt die vorhandenen Veröffentlichungen epidemiologischer Studien zu Auswirkungen von Fluglärm auf die Gesundheit von Flughafenwohnern vor. Untersuchungen im Labor, die an jeweils relativ wenigen Teilnehmern spezielle Fragestellungen untersucht und damit Grundlagen für die den epidemiologischen Untersuchungen zugrunde liegenden Fragestellungen erarbeitet haben, werden orientierend erwähnt. Besonderer Wert wird in dem vorliegenden Bericht auf epidemiologische Untersuchungen an Bevölkerungen – Erwachsene und Kinder - im Umfeld von Flughäfen unter konkreter Fluglärmbelastung gelegt. Diese Untersuchungen werden im ersten Teil des Berichts zusammengefasst dargestellt und im Anhang nochmals detailliert aufgeführt (Methoden, Teilnehmer, Kofaktoren etc.). Ziel des vorliegenden Berichts ist es, die derzeit vorhandenen Studienergebnisse – mit ihren Stärken, aber auch ihren Grenzen – darzustellen, damit die interessierte Öffentlichkeit sich selbst ein gut fundiertes Bild machen kann, ohne die einzelnen Studien selbst lesen zu müssen. Unabhängig davon besteht die Möglichkeit für an noch weiteren Details Interessierte, die Studien, die nicht unmittelbar aus dem Internet zu erhalten sind, im Gesundheitsamt einzusehen bzw. Kopien dort anzufordern. Die hier zusammengestellten Studien basieren auf aktuellen Übersichtsarbeiten (insbesondere Babisch 2006, Michaud et al., 2007) und einer aktuellen medline-Recherche (bis Sommer 2008) sowie weiteren Studien, die nicht über medline, aber über das Internet zu erhalten sind (z.B. Greiser et al., 2006; Schreckenbergs und Meis 2006 und Berichte und Stellungnahmen der RIVM Holland).

In der wissenschaftlichen Literatur sind bei Erwachsenen vor allem Herz-Kreislauf-Erkrankungen, aber auch Störungen des Nachtschlafs und Belästigungsreaktionen als Auswirkungen von Fluglärm dokumentiert. Vor diesem Hintergrund konzentriert sich der Bericht zu Auswirkungen von Fluglärm auf die Gesundheit von Erwachsenen auf diese drei Bereiche Herz-Kreislauf-Erkrankungen, Schlafstörungen und Belästigung. Dies geschieht auch in Übereinstimmung mit den Empfehlungen von van Kempen et al. (2005), da zu diesen Fragen relativ gute und belastbare Daten vorliegen, die sich auch für ein sog. Health Impact Assessment (HIA), d.h. Analyse und Bewertung möglicher gesundheitlicher Effekte von Fluglärm, eignen.

Die wissenschaftliche Literatur zu den Auswirkungen von Fluglärm auf Kinder enthält über Fragen zur allgemeinen Gesundheit einschließlich Stressreaktionen und Wirkungen auf den Blutdruck und zur Belästigung hinaus eine Reihe von Studien zu Wirkungen auf kognitive Fähigkeiten wie Sprachverständnis, Lösen schwieriger Puzzles, Lang- und Kurzzeitgedächtnis bis hin zu Schulleistungen. Auch diese Studien werden vorgestellt.

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	1
I. Fluglärm und Gesundheit – Studien mit Erwachsenen	3
Einleitung.....	3
1. Fluglärm und Belästigung.....	5
2. Fluglärm und Herz-Kreislauf-Erkrankungen.....	8
3. Allgemeiner Gesundheitszustand und Medikamente.....	24
4. Auswirkungen auf Schlaf und Erholung.....	33
II. Fluglärm und Gesundheit – Studien mit Kindern	47
Einleitung.....	47
1. Schwangerschaftsdauer und Geburtsgewicht.....	50
2. Allgemeine und psychische Gesundheit.....	53
3. Blutdruck sowie Stresshormone.....	57
4. Motivation sowie kognitive Fähigkeiten.....	64
5. Übersichtsartikel Fluglärm und Kinder.....	74
III. Detailbeschreibungen der einzelnen in diesem Bericht dargelegten Studien	76
Literaturverzeichnis	203
Tabellenverzeichnis	208
Abbildungsverzeichnis	212

Detailbeschreibungen der einzelnen in diesem Bericht dargelegten Studien

Ando Y, Hattori H: Statistical Studies on the Effects of intense Noise during Human Fetal Life. J Sound Vibration (1973) 27: 101-110.....	77
Aydin Y und Kaltenbach M. Noise perception, heart rate and blood pressure in relation to aircraft noise in the vicinity of the Frankfurt airport. Clin Res Cardiol (2007) 96: 347-58.	80
Babisch W Die NaRoMi-Studie (Noise and Risk of Myocardial Infarction) Auswertung, Bewertung und vertiefende Analysen zum Verkehrslärm. WaBoLu-Heft 02/04. Umweltbundesamt, 2004.....	82
Basner M, Buess H, Elmenhorst D et al., DLR Institut, 2004 Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt eV: Nachtfluglärmwirkungen Band 1 Zusammenfassung	84
Bluhm G, Eriksson C, Hilding A, Östenson CG. Aircraft noise exposure and cardiovascular risk among men – First results from a study around Stockholm Arlanda Airport. 33 rd Internat Congress and Exposition on Noise Control Engineering. Proceedingband 2004	92
Bullinger M, Hygge S, Evans GW, Meis M, von Mackensen S. The psychological cost of aircraft noise for children. Zentralbl Hyg Umweltmed (1999) 202: 127-38	94
Cohen S, Evans GW, Krantz DS, Stokols D. Physiological, motivational, and cognitive effects of aircraft noise on children: moving from the laboratory to the field. Am Psychol (1980) 35: 231-43.....	97
Cohen S, Evans GW, Krantz DS, Stokols D, Kelly s. Aircraft Noise and Children: Longitudinal and Cross-Sectional Evidence on Adaptation to Noise and the Effectiveness of Noise Abatement. J Personality and Social Psychology (1981) 40: 331-345.....	101
Eiff AW, Finke H-O, Guski R, Hörmann H, Horbach L, Irle M, Jansen G, Jörgens H, Martin R, Rohrmann B, Schürmer R, Schümer-Kohrs A. Das Fluglärmprojekt der Deutschen Forschungsgemeinschaft. Eine interdisziplinäre Untersuchung über die Auswirkungen des Fluglärms auf den Menschen. Harald Boldt Verlag KG, Boppard, 1974.....	103
Eriksson C, Rosenlund M, Pershagen G, Hilding A, Ostenson CG, Bluhm G. Aircraft noise and incidence of hypertension. Epidemiology (2007) 18: 716-21.	105
Evans GW, Bullinger M, Hygge S: Chronic noise exposure and physiological response: a prospective study of children living under environmental stress. Psychol Science (1998) 9: 75-77	106
Fidell S, Pearsons K, Tabachnick B, Howe R, Silvati L, Barber DS. Field study of noise induced sleep disturbance. J Accoust Soc Amer (1995) 98: 1025-1033.....	108
Fidell S, Pearsons K, Tabachnick BG, Howe R. Effects on sleep disturbance of changes in aircraft noise near three airports. J Acoust Soc Am (2000) 107:2535-47	111
Franssen EAM, Staatsen BAM, Lebret E. Assessing health consequences in an environmental impact assessment. The case of Amsterdam Airport Schiphol Environ Impact Assess Rev (2002) 22: 633-53	113
Franssen EAM, Lebret E, Staatsen BAM: Health impact Assessment Schiphol airport. 1999. RIVM Report 441520012.....	116
Franssen EA et al. Aircraft noise around a large international airport and its impact on general health and medication use. Occup Environ Med (2004) 61: 405-413.....	118
Goto K, Kaneko T. Distribution of blood pressure data from people living near an airport. J Sound Vibration (2002) 250: 145-149.....	122
Greiser E, Jahnsen K, Greiser C. Beeinträchtigung durch Fluglärm: Arzneimittelverbrauch als Indikator für gesundheitliche Beeinträchtigung. Im Auftrag des Umweltbundesamtes, 2006.....	123
Haines MM, Stansfeld SA, Job RF, Berglund B, Head J. Chronic aircraft noise exposure, stress responses, mental health and cognitive performance in school children. Psychol Med (2001a) 31: 265-77	129
Haines MM, Stansfeld SA, Job RF, Berglund B, Head J. A follow-up study of effects of chronic aircraft noise exposure on child stress responses and cognition. Int J Epidemiol (2001b) 30: 839-45	131
Haines MM, Stansfeld SA, Brentnall S, Head J, Berry B, Jiggins M, Hygge S. The West London Schools Study: the effects of chronic aircraft noise exposure on child health. Psychol Med (2001c) 31: 1385-96.....	132

Haines MM, Stansfeld SA, Head J, Job RF. Multilevel modelling of aircraft noise on performance tests in schools around Heathrow Airport London. <i>J Epidemiol Community Health</i> (2002) 56: 139-44.....	136
Haralabidis AS, Dimakopoulou K, Vigna-Taglianti F, Giampaolo M, Borgini A, Dudley ML, Pershagen G, Bluhm G, Houthuijs D, Babisch W, Velonakis M, Katsouyanni K, Jarup L; HYENA Consortium. Acute effects of night-time noise exposure on blood pressure in populations living near airports. <i>Eur Heart J</i> (2008) 29 : 658-64.	138
Hygge S, Evans GW, Bullinger M. A prospective study of some effects of aircraft noise on cognitive performance in schoolchildren. <i>Psychol Science</i> (2002) 13: 469-74	141
Jarup L, Babisch W, Houthuijs D, Pershagen G, Katsouyanni K, Cadum E, Dudley ML, Savigny P, Seiffert I, Swart W, Breugelmans O, Bluhm O, Selander J, Haralabidis A, Dimakopoulou K, Soutzi P, Velonakis M, Vigna-Taglianti F on behalf of the HYENA study team: Hypertension and Exposure to Noise Near Airports: the HYENA study. <i>Environmental Health Perspectives</i> (2008) 116: 329-333... 145	
van Kempen E, van Kamp I, Fischer P, Davies H, Houthuijs D, Stellato R, Clark C, Stansfeld S. Noise exposure and children's blood pressure and heart rate: the RANCH project. <i>Occup Environ Med</i> (2006) 63: 632-9. Epub 2006 May 25.....	149
Knipschild P. Medical effects of Aircraft Noise: Community Cardiovascular Survey. <i>Int Archives of Occupational and Environmental Health</i> (1977a) 40: 185-190.	151
Knipschild P. Medical effects of Aircraft Noise: General Practice Survey. <i>Int Archives of Occupational and Environmental Health</i> (1977b) 40: 191-197	153
Knipschild P. Medical effects of Aircraft Noise: Drug Survey <i>Int Archives of Occupational and Environmental Health</i> (1977c) 40: 197-200.....	155
Knipschild P, Meijer H, Salle H. Aircraft noise and birth weight. <i>Int Archives of Occupational and Environmental Health</i> (1981) 48: 131-136.	157
Maschke C, Wolf U, Leitmann T: Epidemiologische Untersuchungen zum Einfluß von Lärmstress auf das Immunsystem und die Entstehung von Arteriosklerose. <i>WaBoLu-Heft 01/03, Umweltbundesamt Berlin, 2003</i>	159
Matsui et al.: A Report on the Aircraft Noise as a Public Health Problem in Okinawa. Revision 2000	161
Matsui et al: A Report on the Aircraft Noise as a Public Health Problem in Okinawa. Revision 2000	165
Matsui T, Miyakita T, Hiramatsu K, Osada Y, Yamamoto T. Association between blood pressure and aircraft noise exposure around Kadena airfield in Okinawa. <i>Inter Noise 2001, 2001 Internat Congress and Exhibition on Noise Control Engineering, The Hague, The Netherlands, 2001</i>	167
Matsui T, Matsuno T, Ashimine K, Hiramatsu K, Osada Y, Yamamoto T. The Okinawa Study : Effect of chronic Aircraft Noise exposure on birth weight, prematurity and intrauterine growth retardation. <i>Proc. 8th International conference on Noise as a Public Health Problem</i> (2003) 91-92.	169
Matsui T, Stansfeld S, Haines M, Head J. Children ´s Cognition and Aircraft Noise Exposure at Home – The West London Schools Study. <i>Noise and Health</i> (2004) 25: 49-58	171
Miedema HME, Vos H. Associations between self reported sleep disturbance and environmental noise based on reanalyses of pooled data from 24 studies. <i>Behavioural Sleep Medicine</i> (2007) 5: 1-20... 174	
Morrell SL: Aircraft Noise and Child Blood Pressure. University of Sydney. Inauguraldissertation 2003	176
Fluglärmstudie Sydney - Zusammenhangsanalysen zwischen Fluglärmbelastung und Blutdruck der Kinder – bei der Erst- und der Folgeuntersuchung (Morrell 2003).....	177
Fluglärmstudie Sydney - Zusammenhangsanalysen zwischen Fluglärmbelastung und Blutdruck der Kinder – bei der Erst- und der Folgeuntersuchung (Morrell 2003).....	178
Ollerhead JB, Jones CJ, Cadoux RE, Woodley A, Atkinson BJ, Horne JA, Pankhurst F, Reyner L, Hume KI, Van F, Watson AL, Diamond ID, Egger P, Holmes D, McKean J. Report of a field study of aircraft noise and sleep disturbance. Department of Safety, Environment and Engineering, Civil Aviation Authority, London (1992)	179
Passchier-Vermeer W, Vos H, Steenbekkers JHM. Sleep disturbance and aircraft noise exposure. Exposure-effect relationships- TNO Prevention and Health, Report No. 2002.027.....	180

Rehm S, Jansen G. Aircraft noise and premature birth. <i>J Sound Vibration</i> (1978) 59: 133-135.....	182
Rosenlund M, Berglund N, Pershagen G, Jarup L, Bluhm G. Increased prevalence of hypertension in a population exposed to aircraft noise. <i>Occup Environ Med</i> (2001) 58:769-73.....	183
Schell LM, Environmental noise and human prenatal growth. <i>Am J Phys Anthropol</i> (1981) 56: 63-70	185
Schell LM, Norelli RJ. Airport noise exposure and the postnatal growth of children. <i>Am J Phys Anthropol</i> (1983) 61: 473-82	187
Schell LM, Hodges DC. Longitudinal study of growth status and airport noise exposure. <i>Am J Phys Anthropol</i> (1985) 66: 383-9.....	188
Schreckenbergr D, Meis M. Belästigung durch Fluglärm im Umfeld des Frankfurter Flughafens. Im Auftrag des Regionalen Dialogforums (2006)	189
Stansfeld SA, Berglund B, Clark C, Lopez-Barrio I, Fischer P, Ohrstrom E, Haines MM, Head J, Hygge S, van Kamp I, Berry BF; RANCH study team. Aircraft and road traffic noise and children's cognition and health: a cross-national study. <i>Lancet</i> (2005) 365: 1908-9.....	197
Vallet M, Cohen JM, Mosnier A, Trucy D. Airport Noise and Epidemiological Study of Health Effects: a feasibility study. In <i>Internoise 99, Proceedings Dec. 1999</i>	202

Zusammenfassung

Wesentliche Ergebnisse der vorgestellten Studien sind:

Auswirkungen von Fluglärm auf Erwachsene

Fluglärm und Belästigung: Fluglärm belästigt. Dies zeigen alle Untersuchungen – mit einer Tendenz, dass in den letzten Jahren die Belästigung zunimmt, d.h. es geben mehr Menschen schwere Belästigungen an.

Fluglärm und Bluthochdruck: Zur Frage der Auswirkung von Fluglärm auf den Blut(hoch)druck liegen zahlreiche Untersuchungen vor, die eindeutige und signifikante Zusammenhänge zeigten - dabei sind die erhaltenen Auswirkungen in den neueren Studien bei abnehmender (Flug)lärmbelastung geringer. In der jüngsten multizentrischen HYENA-Studie konnte insbesondere bei Fluglärm in der Nacht ein signifikanter Zusammenhang zu Bluthochdruck gefunden werden, nicht zur Fluglärmbelastung am Tage, hier war die (Straßen)Verkehrslärmbelastung am Tag mit einem höheren Risiko für Bluthochdruck assoziiert (Jarup et al., 2008). Verschiedene Untersuchungen hatten auch teilweise signifikante Assoziationen zwischen Fluglärmbelastung und dem Verkauf, bzw. der Einnahme bzw. der Verschreibung von Blutdruckmitteln gezeigt (Knipschild 1977; Bluhm et al., 2004; Greiser et al., 2006), mit stärkeren Assoziationen zur Fluglärmbelastung bei Frauen und bei nächtlichem Fluglärm (Greiser et al., 2006).

Fluglärm und Herz-Kreislauf-Erkrankungen incl. Herzinfarkt: Fluglärm erhöht das Risiko für Herz-Kreislauf-Erkrankungen incl. Herzinfarkt. Dies hatten insbesondere ältere Untersuchungen aus Holland bei hohen Fluglärmbelastungen gezeigt (Knipschild 1977); die wenigen neueren Untersuchungen hierzu konnten Tendenzen zeigen (nicht signifikant) (Maschke et al., 2003; Bluhm et al., 2004). Auch hier liegen Studien zum Verkauf/Verbrauch/Verschreibung an Herz-Medikamenten vor (Knipschild 1977; Franssen et al., 2004; Greiser et al., 2006), die engere Assoziationen zur Fluglärmbelastung bei Frauen (Knipschild 1977, Greiser et al., 2006) und bei nächtlichem Fluglärm (Greiser et al., 2006) fanden.

Fluglärm und Schlafstörungen: Hierzu liegen sehr viele methodisch sehr unterschiedliche Studien vor; generell wird ein Zusammenhang zwischen Fluglärm und Schlafstörungen gesehen - obwohl spontane nicht fluglärmbedingte Aufwachreaktionen deutlich häufiger auftreten als fluglärmbedingte Aufwachreaktionen. Darüber hinaus sind Assoziationen zu Lärmsituationen innerhalb des Schlafzimmers enger als zum Außenlärm (Michaud et al., 2007). Verschiedene Untersuchungen zeigten Assoziationen zwischen einer Fluglärmbelastung und dem Verkauf/Einnahme/Verschreibung von Schlafmitteln, teilweise signifikant bei nicht verschriebenen, nicht bei verschriebenen Schlafmitteln (Franssen et al., 2004), teilweise signifikant für Frauen, nicht für Männer (Greiser et al., 2006).

Fluglärm und allgemeine Gesundheit: Ältere Untersuchungen wiesen auf Zusammenhänge zwischen einer Fluglärmbelastung und schlechterem Gesundheitszustand bzw. häufigeren Beschwerden und Symptomen hin, die durch neuere Untersuchungen so nicht generell bestätigt werden konnten. In der Belästigungsstudie im Umfeld des Frankfurter Flughafens wurden Zusammenhänge zwischen verschiedenen Beschwerde(gruppe)n und Fluglärmbelästigung gefunden, nicht zur Fluglärmbelastung (Tag oder Nacht) (Schreckenbergs und Meis 2006).

Auswirkungen von Fluglärm auf Kinder

Fluglärm und Belästigung: In den Untersuchungen, in denen die Belästigung von Kindern durch Fluglärm erhoben wurde, wurde bestätigt, dass Fluglärm belästigt (u.a. Bullinger et al., 1999; Haines et al., 2001 a-c; Stansfeld et al., 2005). Hier werden also die Ergebnisse bei Erwachsenen unterstützt.

Fluglärm und Schwangerschaftsdauer und Geburtsgewicht: Zu dieser Frage liegen eine Reihe Untersuchungen aus den 1960er und 1970er Jahren vor (Ando und Hattori, 1973; Rehm und Jansen 1978; Knipschild et al., 1981; Schell, 1981), die teilweise Assoziationen zwischen Fluglärmbelastung und geringeren Geburtsgewichten und kürzerer Schwangerschaftsdauer aufgezeigt hatten; diese Studien wurden wegen methodischer Mängel und fehlender Erfassung weiterer wichtiger Einflussfaktoren auf Schwangerschaftsdauer und Geburtsgewicht kritisiert (Morrell et al., 1997). Dies trifft auch für die einzige in den letzten Jahren hierzu publizierte Studie zu, die sich auf Daten aus den Jahren 1974-1993 bezieht (Matsui et al., 2003). Insgesamt lässt die Datenlage keine eindeutigen Schlussfolgerungen zu (Morrell et al., 1997).

Fluglärm und Blutdruck: Ältere Untersuchungen, die bei starker Fluglärmbelastung Hinweise auf höhere Blutdruckwerte bei Kindern erbracht hatten (Cohen et al., 1980, 1981) wurden wegen methodischer Probleme kritisiert (Babisch 2006; Morell 2003). In der Münchner Fluglärmstudie hatte zwar in der neu fluglärmbelasteten Gruppe der Blutdruck am deutlichsten zugenommen (Evans et al., 1998), was allerdings auf die in dieser Gruppe auffallend geringeren Ausgangswerte im Vergleich mit den Kontrollgruppen zurückgeführt wurde; darüber hinaus wurde betont, dass auch in der fluglärmbelasteten Gruppe die Blutdruckwerte im „Normalbereich“ lagen (Morrell 2003; Babisch 2006). Neuere Untersuchungen mit sehr viel größeren Teilnehmerzahlen (Morell 2003 und van Kempen 2006) zeigten keine eindeutigen Zusammenhänge zwischen einer Fluglärmbelastung und den Blutdruckwerten von Kindern.

Fluglärm und allgemeine Gesundheit: Hier sind die Ergebnisse verschiedener Untersuchungen nicht konsistent. In einer älteren Untersuchung waren entgegen der Hypothese bei stark fluglärmbelasteten Kindern keine vermehrten Schulabwesenheitstage wegen Krankheit gefunden worden im Vergleich mit Kontrollgruppen (Cohen et al., 1980, 1981). In Japan wurden teilweise signifikante Assoziationen zwischen Fluglärmbelastung und gesundheitlichen Beschwerden bei Kindern festgestellt, mit unterschiedlichen Beschwerden im Umfeld verschiedener Flughäfen (Matsui et al., 2000). In den Londoner Untersuchungen wurden teilweise Zusammenhänge zwischen Fluglärmbelastung und psychischer Gesundheit der Kinder gefunden (Haines et al., 2001 a-c). In der multizentrischen RANCH-Studie ergaben sich keine Assoziationen zwischen Fluglärm und der (erfragten) allgemeinen Gesundheit von Kindern (Stansfeld et al., 2005).

Fluglärm und kognitive Fähigkeiten: Zu dieser Frage wurden zahlreiche Untersuchungen durchgeführt und veröffentlicht (Cohen et al., 1980, 1981; Bullinger et al., 1998/9; Hygge et al., 2002; Haines et al., 2001 a-c, Haines et al., 2002; Matsui et al., 2004; Stansfeld et al., 2005). Die Ergebnisse zu Gedächtnisleistungen waren nicht konsistent; hier gibt es – ebenso wie bei den Schulleistungen - Hinweise, dass andere Faktoren (familiäre, soziale) oft stärker sind und dann einen möglichen Einfluß des Fluglärms überlagern. Demgegenüber haben sich aber in allen Untersuchungen übereinstimmend Hinweise darauf gefunden, dass Fluglärmbelastung zu einer Beeinträchtigung der Lesefähigkeit, bzw. des Sprachverständnisses beim Lesen insbesondere schwieriger Texte führt.

I. Fluglärm und Gesundheit – Studien mit Erwachsenen

Einleitung

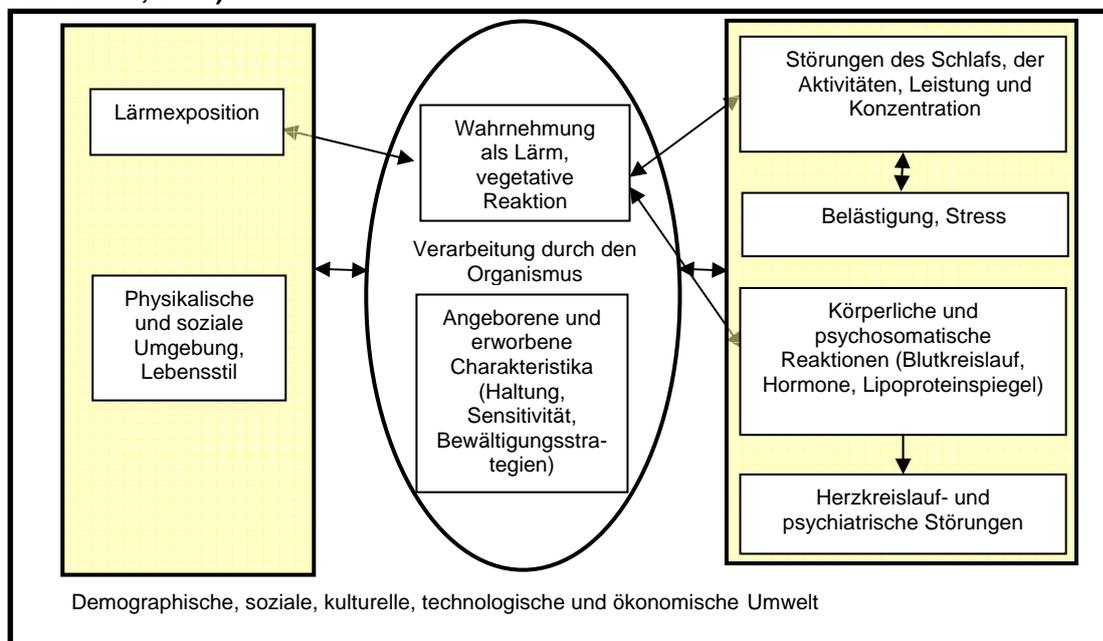
Die generellen möglichen Auswirkungen von Lärm auf die Gesundheit der Menschen werden unterteilt in solche, die das Gehör schädigen (aurale Wirkungen) und solche, die nicht direkt das Gehör schädigen (extraaurale Wirkungen). Da Gehörverlust bzw. Hörschädigung bei den vorherrschenden Expositionsverhältnissen eher beruflich Fluglärmexponierte betrifft und bei Anwohnern eine untergeordnete Rolle spielt (Health Council of the Netherlands, 1999), konzentriert sich der vorliegende Bericht auf die extraauralen Wirkungen.

Die **extraauralen** Lärmwirkungen umfassen eine Vielzahl möglicher Gesundheitsrisiken.

Eine Übersicht bietet die Weltgesundheitsorganisation (WHO):

- Belästigung
- Störung des Sozialverhaltens (Aggression, Protest, Hilflosigkeit)
- Störung der Kommunikation (Sprache)
- Störung des Schlafs sowie deren Konsequenzen (kurz- und langfristig)
- Kardiovaskuläre Effekte (Wirkungen auf das Herz-Kreislauf-System)
- Hormonelle Reaktionen (Stresshormone) und mögliche Folgen auf den menschlichen Stoffwechsel (Ernährung) und das Immunsystem
- Leistungsabnahme (Schule und Arbeitsplatz).

Abb. 1 Konzept: Auswirkungen von Lärm auf die Gesundheit (HCN Health Council of the Netherlands, 1999)



Zahlreiche Studien haben bisher gezeigt: Lärm kann krank machen. Und: Lärm ist ein allgemeines Phänomen. „Über natürliche Geräusche hinaus, Sprache und Musik, ist Lärm zunehmend weit verbreitet in unserer Gesellschaft. Hauptfaktoren sind die Zunahme des motorisierten Verkehrs, Vorlieben für laute Freizeitaktivitäten in gossen Gruppen der Industriegesellschaften und zunehmende

Verstädterung ...“ (Passchier-Vermeer und Passchier, 2000). Eine Zusammenstellung und Bewertung der wissenschaftlichen Evidenz aus dem Jahre 2000 zeigt Tab. 1:

Tab. 1 Langzeiteffekte von Lärm und Klassifikation der Evidenz für einen kausalen Zusammenhang zwischen Lärm und Wirkung. Die drei letzten Spalten enthalten Informationen über die beobachtete Wirkschwelle für den Effekt, für welchen die wissenschaftliche Evidenz für eine kausale Verursachung als ausreichend (sufficient) eingestuft wurde (Passchier-Vermeer und Passchier 2000)

Effekt	Evidenz	Exposition	Schwelle		
			Metrisch	Wert (dB(A))	Innen / Außen
Hörstörung	Ausreichend	Arbeit	L Aeq 8h	75	Innen
		Arbeit (p)	L Aeq 8h	<85	Innen
		Umwelt	L Aeq 24h	70	Innen
Bluthochdruck	Ausreichend	Arbeit	L Aeq 8h	<85	Innen
		Umwelt	L dn	70	Außen
Ischämische Herzerkrankung	Ausreichend	Umwelt	L dn	70	Außen
Biochemische Effekte	Begrenzt	Arbeit / Umwelt			
Immun-Effekte	Begrenzt	Arbeit / Umwelt			
Geburtsgewicht	Begrenzt	Arbeit / Umwelt			
Angeborene Fehlbildungen	Fehlend	Arbeit / Umwelt			
Psychiatrische Effekte	Begrenzt	Umwelt			
Belästigung	Ausreichend	Arbeit(Büro)	L Aeq 8h	<55	Innen
		Arbeit(Industr)	L Aeq 8h	<85	Innen
		Umwelt	L dn	42	Außen
Fehlzeiten	Begrenzt	Arbeit(Büro) Arbeit(Industr)			
Psychosoziales Wohlbefinden	Begrenzt	Umwelt			
Leistung	Begrenzt	Arbeit/Umwelt			
	Ausreichend	Schule	L Aeq, Schule	70	Außen
Schlafstörungen, bzw Änderungen:					
Schlafmuster	Ausreichend		L Aeq, Nacht	<60	Außen
Aufwachen	Ausreichend		SEL	55	Innen
Schlafstadien	Ausreichend		SEL	35	Innen
Subjektive Schlafqualität	Ausreichend		L Aeq, Nacht	40	Außen
Herzrate (Puls)	Ausreichend		SEL	40	Innen
Hormonspiegel	Begrenzt				
Immunsystem	nicht				
Stimmung -nächster Tag	Ausreichend		L Aeq, Nacht	<60	Außen
Leistung - nächster Tag	Begrenzt				

In der wissenschaftlichen Literatur sind bei Erwachsenen vor allem Herz-Kreislauf-Erkrankungen, aber auch Störungen des Nachtschlafs und Belästigungsreaktionen als Auswirkungen von Fluglärm dokumentiert. Die hierzu vorliegenden Daten eignen sich auch für ein sog. Health Impact Assessment (HIA), d.h. Analyse und Bewertung möglicher gesundheitlicher Effekte von Fluglärm (van Kempen et al. (2005). Die wissenschaftliche Literatur zu den Auswirkungen von Fluglärm auf Kinder enthält über Fragen zur Belästigung und zur allgemeinen Gesundheit einschließlich Stressreaktionen und Wirkungen auf den Blutdruck hinaus eine Reihe von Studien zu Wirkungen auf kognitive Fähigkeiten wie Sprachverständnis, Lösen schwieriger Puzzles, Lang- und Kurzzeitgedächtnis bis hin zu Schulleistungen.

1. Fluglärm und Belästigung

Lärm ist negativ bewerteter Schall, der stört und belästigt. „Lärmbelästigung kann verstanden werden als Wahrnehmung, als Emotion, als Einstellung, oder als eine Mischung daraus. ... verschiedene Aspekte, die mit Lärmbelästigung einhergehen können: Die Störung geplanter Tätigkeiten, emotionaler Stress, aversive Beurteilungen oder auch das Ausmaß an Akzeptanz umweltbedingter „Ärgernisse“. Nach Einschätzung vieler internationaler Lärmexperten bedeutet „Lärmbelästigung“ das Gefühl, durch Geräusche gestört zu werden, ohne sie wirksam bewältigen zu können. Der Begriff impliziert sowohl die implizierten Störungen als auch ihre emotionale Bewertung. Dazu gehört die Einschätzung der Vermeidbarkeit des Lärms, die Bewertung von ggf. nötigen Anpassungs- bzw. Bewältigungsprozessen, Vergleiche mit früheren sowie mit künftigen zu erwartenden Lärmsituationen. Im politischen Kontext wird die globale Lärmbelästigung definiert als „Gefühl der Verärgerung, des Missfallens, des Unbehagens, der Unzufriedenheit oder eines Verstoßes, das auftritt, wenn Lärm die Absichten, Gefühle oder Aktivitäten einer Person stört“. ... Unerwünschte Geräusche (Lärm) werden als umso belästigender empfunden, je weniger die Betroffenen die Möglichkeit sehen, die Geräusche, bzw. die negativen Folgen, die sich aus ihnen ergeben (Störungen von Aktivitäten) adäquat zu bewältigen. ... Lärm (wird) je nach Ausmaß der Störungen, unterschiedlicher Einstellung zur Lärmquelle und dem Vertrauen, das man den für den Lärm Verantwortlichen entgegenbringt – verschieden bewertet. Betroffene haben allenfalls die Möglichkeit, sich durch soziale Aktivitäten (z.B. Proteste, Beteiligung in Bürgerinitiativen, Beteiligung bei Planungsmaßnahmen, rechtliche Schritte) gegen den Lärm und seine Verursacher zu wenden. Das Ausmaß von Störungen, die sozialen Einstellungen und die individuell wahrgenommenen (sozialen) Handlungsmöglichkeiten bestimmen dann das Ausmaß der Lärmbelästigung.“ (Schreckenberg und Meis, 2006).

Die Belästigung durch Lärm kann grundsätzlich mit zwei verschiedenen Methoden erfasst werden:

- Fragebogen-Erhebungen zur Belästigung in der Bevölkerung durch eine bestimmte Lärmquelle
- Auswertung von Klagen und Beschwerden aus der Bevölkerung über eine bestimmte Lärmquelle.

Schon vor Jahrzehnten wurden Fragebogenerhebungen zur Belästigung durch Lärm durchgeführt; die Formulierung der Fragen unterscheidet sich oft etwas zwischen den einzelnen Untersuchungen. Die vorgegebenen Antwortmöglichkeiten sind in der Regel in 5 Kategorien eingeteilt: keine, ein wenig, etwas, sehr, extrem (sehr stark). Das Erleben einer Belästigung ist – neben den eigentlichen akustischen Faktoren wie Schallpegel, Schallfrequenz - abhängig von (Kryter 1985):

- Alter, Geschlecht
- Tageszeit
- Jahreszeit
- Stimmungslage
- Erziehung und Tradition
- Tätigkeit
- Umgebung
- Erwartung der Umweltqualität
- Einstellung zur Schallquelle
- Einsicht in die Notwendigkeit
- Kontrollierbarkeit der Schallquelle.

So wird der gleiche Schallpegel eines Umweltlärms in den Tagesrand- und Nachtsunden belästigender empfunden als am Tage, ebenso wird der Lärm im Sommer als belästigender erlebt als im Winter, von Frauen als belästigender angegeben als von Männern. In fast allen Untersuchungen wird Fluglärm als störender empfunden als Straßen- oder Schienenverkehrslärm. Kryter (1985) diskutiert folgende Ursachen:

- Straßenlärm kann man im Haus ausweichen, indem man von der Straße abgewandte Räume aufsucht; dies ist bei Fluglärm, der von oben und damit von allen Seiten kommt, nicht möglich.
- Schallschutzmaßnahmen (Schallschutzfenster) sind gut gegen Straßenverkehrslärm möglich, weniger gut für Flugverkehr.
- Auch im Außenbereich kann man sich z.B. durch Aufenthalt im Garten hinter dem Haus gut vor Straßenverkehrslärm geschützt aufhalten, nicht bei Fluglärm.

Während zur Messung der Lärmbelästigung mittels Fragebogen inzwischen internationale Vereinbarungen zur Frageformulierung und der Antwortskala vorliegen, sind die Beschwerderegister nicht so valide wie die anhand der standardisierten und validierten Fragebogen durchgeführten Belästigungsstudien (Surveys). In Beschwerderegistern ist die Anzahl der Beschwerden abhängig nicht nur von der Höhe der Belastung und der Persönlichkeitsstruktur und der Belästigung der Bevölkerung, sondern auch von rechtlichen Rahmenbedingungen (man ruft nur an, wenn man etwas erreichen kann).

Es liegen verschiedene Studien zur Belästigung durch Fluglärm aus unterschiedlichen Ländern vor, teilweise bereits vor Jahrzehnten durchgeführt, teilweise neueren Datums. Generell ist zu berücksichtigen, dass sich das Ausmaß von Lärmbelästigung in verschiedenen Bevölkerungen unterscheiden kann, bedingt auch durch Unterschiede in der kulturellen Haltung zur Akzeptanz von Verkehrslärm, durch Unterschiede im Klima und in den technischen Standards der Hausisolierung.

Van Kempen und van Kamp (2005) haben folgende Fragen zu möglichen Einflussfaktoren auf die Höhe und das Ausmaß der Belästigung von Fluglärm anhand einer umfassenden Literaturübersicht aufgegriffen und beantwortet:

Wird die Antwortrate auf die Frage nach Belästigung durch Fluglärm durch die Erhebungsmethode beeinflusst?

- o Persönliches Interview – Telefoninterview - schriftl. Fragebogen
- o Unterschiedliche Formulierungen der Fragen ?
- o Punktgrenze, ab welcher eine „schwere Belästigung“ definiert wird.

Es ergaben sich keine konsistenten Unterschiede zwischen den unterschiedlichen Befragungen (persönlich/telefonisch/schriftlich) bzw. der Formulierungen der Fragen (die inzwischen standardisiert sind), aber es zeigte sich eindeutig: bei höheren Cut-offs (Punktwerten) für die Grenze zur schweren Belästigung wurde die Rate von 25 % schwerer Belästigungen bei zunehmend niedrigeren Schallpegeln erhalten.

Wird die Antwortrate auf die Frage nach Belästigung durch Fluglärm durch die Art der Expositionserfassung beeinflusst?

- o Lärmmessungen
- o Lärm-Modellierungen
- o Gemischte Modelle Lärmmessung und Lärmmodellierung

Es ergaben sich keine konsistenten Unterschiede.

Wird die Antwortrate auf die Frage nach Belästigung durch Fluglärm durch den Ort (z.B. Umfeld unterschiedlicher Flughäfen in der Welt) beeinflusst? Gibt es einen Trend über die letzten Jahre?

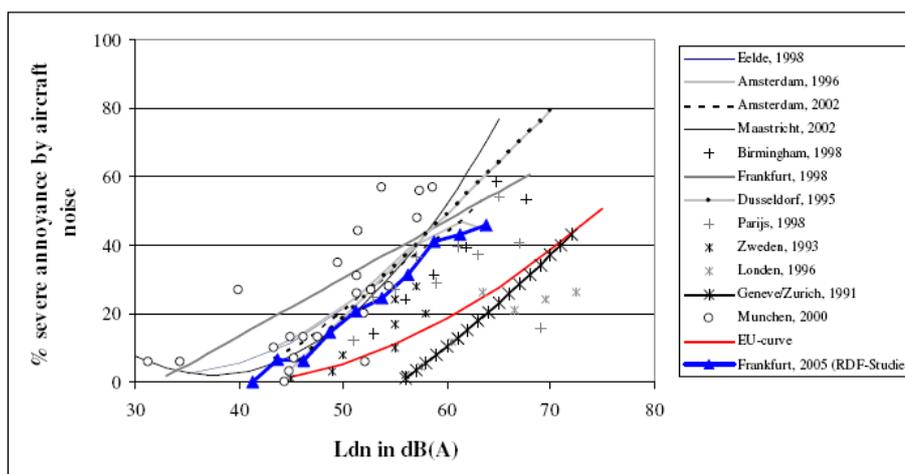
Generell wurde gefunden, dass im Umfeld von Flughäfen, in denen Änderungen/Ausbau zu erwarten sind, höhere Belästigungsraten erhalten werden. An kaum einem der größeren internationalen Flughäfen waren in den letzten Jahren keine Änderungen zu verzeichnen. Im Umfeld unterschiedlicher Flughäfen waren 25 % der Befragten schwer belästigt bei sehr unterschiedlichen Schallpegeln; ein konsistentes Muster war für die Autoren nicht zu erkennen. Generell zeigt sich aber ein eindeutiger Trend über die letzten Jahre, dass schwere Belästigungen bei zunehmend niedrigeren Schallbelastungen auftreten.

Wird die Antwortrate auf die Frage nach Belästigung durch Fluglärm durch die Bereitschaft zur Teilnahme (response) beeinflusst?

In verschiedenen Studien zeigte sich, dass der Lärmpegel, bei welchem 25 % der Befragten schwer belästigt waren, mit zunehmender Responserate höher war. D.h. Studien mit hohen Responseraten finden eine höhere Rate schwerer Belästigter bei höheren L_{dn} -Werten.

Vor dem Hintergrund empfahlen die Autoren, zur Bewertung von Lärmbelastungen durch eine bestimmte Quelle, z.B. durch einen Flughafen, möglichst lokale/regionale Daten zu erheben und zu nutzen (Van Kempen et al., 2005). Eine solche regionale Datenerhebung wurde im Jahre 2005 im Auftrag des Regionalen Dialogforums im Umfeld des Frankfurter Flughafens vorgenommen: Die Ergebnisse wurden in einem ausführlichen Bericht publiziert (Schreckenber und Meis, 2006). Die Ergebnisse lagen in dem Bereich, der aus den jüngeren Studien andernorts zu erwarten war, jedoch – in Übereinstimmung mit dem oben beschriebenen Trend – deutlich über den Werten der auf älteren Befragungen basierenden sog. EU-Kurve (Abb. 2).

Abb. 2 Belästigung durch Fluglärm – Frankfurt am Main im internationalen Vergleich (Schreckenber und Meis, 2006)



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

2. Fluglärm und Herz-Kreislauf-Erkrankungen

(Flug)Lärm kann akut eine Fülle verschiedener körperlicher Reaktionen hervorrufen, u.a. Änderungen von Blutdruck und Puls, der Herzauswurfleistung und Gefäßverengung, als auch die Ausschüttung von Stresshormonen wie Adrenalin, Noradrenalin und Korticosteroiden. Dies konnte in vielen Untersuchungen gezeigt werden. Daraus entstand die Hypothese, dass chronischer Lärm Stress verursacht und das Risiko für Herz-Kreislauf-Erkrankungen sowie Bluthochdruck erhöht. Hierzu wurden seit ca. 30 Jahren eine Reihe epidemiologischer Untersuchungen mit sehr unterschiedlichen Methoden durchgeführt.

In Tab. 2 sind diese Studien tabellarisch aufgeführt, sortiert nach Jahr der Veröffentlichung. Es ist leicht erkennbar, dass nicht nur die Anzahl der Teilnehmer (von 53 in der Studie von Aydin und Kaltenbach 2007, bis hin zu 30.000 bis > 800.000 in den Erhebungen zum Medikamentenverbrauch in den Studien von Knipschild 1997c und Greiser et al. 2006), sondern auch die Methoden sehr unterschiedlich waren.

Eingesetzte Methoden waren:

- Versendung eines schriftlich auszufüllenden **Fragebogens** per Post mit Fragen zum allgemeinen Gesundheitszustand, insbesondere zur Diagnose Bluthochdruck (Rosenlund et al. 2001) oder zur Medikamenteneinnahme (Franssen et al. 2004)
- **ärztliches Interview** (Knipschild 1977a-b; Babisch 2004 NaRoMi; Maschke et al. 2003 Spandau-Survey)
- **körperliche Untersuchung und/oder Blutdruckmessung** (Knipschild 1977 a, b; Matsui et al. 2001; Eriksson et al. 2007; Babisch 2004 NaRoMi; Maschke et al. 2003 Spandau-Survey; Jarup et al. 2008; Haralabidis et al. 2008), wobei in einer Studie die Blutdruckmessungen von den Probanden selbst vorgenommen wurden (Aydin und Kaltenbach 2007)
- weitere medizinische Untersuchungen wie **EKG und Röntgen-Thorax** (Knipschild 1977a)
- Auswertung von **Krankenhauseinweisungsdaten** im Hinblick auf die Fluglärmbelastung an der Wohnung (Franssen et al. 1999)
- Auswertung von **Arzneimittelverkaufsdaten** von Apotheken in unterschiedlich fluglärm-belasteten Gemeinden über mehrere Jahre (Trend) (Knipschild 1977c) bzw. Auswertung von **Medikamentenverschreibungen** anhand von Krankenkassendaten in Bezug auf Wohnadresse der jeweiligen Versicherten (Greiser et al. 2006).

In aller Regel wurden keine individuellen Fluglärmmessungen durchgeführt, sondern die Fluglärmbelastung aus den Fluglärmkonturen der Regionen/Länder auf die Wohnadresse übertragen und hier auch oft nur sehr grobe Einteilungen (z.B. nach Postleitzahlen) vorgenommen. Auch die in den Studien genannten Fluglärmkonturen sind wegen unterschiedlicher Methoden oft nur schwer vergleichbar; so z.B. wurde in Holland bis in die 1990er Jahre der sog. Kosten Unit als Schallpegel-Einheit verwendet oder es wurden unterschiedliche Berechnungen und Zuschläge für den Fluglärm in den Abend- und Nachtstunden angegeben (in der Regel +3 späte Abendstunden und +10 in den Nachtstunden). Nur teilweise wurde als Einschlusskriterium eine bestimmte Mindestwohndauer an der jeweiligen Adresse formuliert. Im Zusammenhang mit Herz-Kreislauf-Erkrankungen und Bluthochdruck ist aber

von Langzeitwirkungen auszugehen und neu in das jeweilige Belastungsgebiet Hinzugezogene können einen möglichen Effekt des Fluglärms „verdünnen“.

Während in allen Untersuchungen Alter und Geschlecht der Teilnehmer als Einflussgröße berücksichtigt wurden (wenn auch nicht immer in statistischen Verfahren der logistischen Regression o.ä.), wurden weitere wichtige Einflussgrößen für Herz-Kreislauf-Erkrankungen und Bluthochdruck wie z.B. Gewichtsstatus, Rauchgewohnheiten und Lebensstil nur in einigen Studien als mögliche Störgrößen betrachtet.

Alle diese Fakten sind bei der Bewertung der Studienergebnisse in der Zusammenschau zu berücksichtigen und machen diese nicht ganz einfach.

In Tab. 3 sind die wichtigsten Ergebnisse der jeweiligen Untersuchung kurz zusammengefasst. Im Anhang sind die einzelnen Studien nochmals detaillierter dargestellt.

Tab. 2 Untersuchungen zu Auswirkungen des Flugverkehrs auf die Gesundheit der Anwohner (Erwachsene)– unter besonderer Berücksichtigung von Herz-Kreislauf-Erkrankungen – Teilnehmer und Methoden (modifiziert nach Babisch, 2006)

Publika-tions-jahr	Ort und Land	Autoren	Teilnehmer, Alter Anzahl Geschlecht ²	Exposition 0=objektiv (Lärmmessungen außen) S= Subjektiv (Belästigung)	O= objektiv (Messung oder ärztl. Interview) S= Subjektiv (Selbstangabe in einer postverschickten Fragebogen-Studie)
1974	München, Deutschland	Eiff et al. , 1974, Rohrmann, 1974	392 / 21-60 Jahre / mw	(0) Fluglärm-Pegel	(0) Blutdruck
1977	Amsterdam, Niederlande	Knipschild, 1977a	5828 / 35-64 Jahre/ mw (42 % Response)	(0) Fluglärm- Pegel	(0) Blutdruck, Bluthochdruck, Therapie, Angina pectoris, Herzbeschwerden, pathologisches EKG, pathologische Herzform, Herzmedikamente
1977	Amsterdam, Niederlande	Knipschild, 1977b	18025 / 15-64 Jahre / mw	(0) Fluglärm- Pegel	(0) Arztkontakte wegen ausgewählter Krankheiten während einer Woche, u.a. Herz-Kreislauf-Erkrankungen, Magen-Darm, Knochen- und Gelenke, Müdigkeit etc.
1977	Amsterdam, Niederlande	Knipschild, 1977c	Apotheken 8 Jahres-Trend	(0) Veränderung im Fluglärm- Pegel	(0) Verkauf von Medikamenten in Apotheken, u.a. gegen Bluthochdruck und Herzbeschwerden, Magen-Darmbeschwerden, Schlafstörungen etc.
1999	Paris, Frankreich	Vallet et al. 1999	628 Krankenhauspatienten von 7 Ärzten für eine Woche befragt und untersucht / mw	(0) Fluglärm-Zonen (hoch/niedrig)	(0) Bluthochdruck; Medikamenteneinnahme; Machbarkeitsstudie (S) verschiedene Fragen zu Gesundheit und Wohlbefinden
1999	Amsterdam, Niederlande	Franssen et al, 1999	Erwachsene Allgemeinbevölkerung	(0) Entfernung vom Flughafen (Postleitzahl)	(0) Krankenhauseinweisungen wegen Herz-Kreislauf-Erkrankungen und wegen Atemwegserkrankungen
2001 / 2004	Okinawa, Japan	Matsui et al. 2001, Matsui et al. 2004	28718 / 20-79 Jahre / mw	(0) Fluglärm- Pegel	(0) Blutdruck , Bluthochdruck-Diagnose
2001	Stockholm, Schweden	Rosenlund et al. 2001	2959 / 19-80 Jahre / mw (70 % Response)	(0) Fluglärm- Pegel	(S) Selbstangabe: ärztl. Diagnose Bluthochdruck
2002	Fukuoka, Japan	Goto und Kaneko, 2002	407 Erwachsene / w (1177 Kontrollen)	(0) Fluglärm-Zonen	(0) Blutdruck
2002	Fukuoka, Japan	Goto und Kaneko, 2002	Erwachsene 183, w 8 Jahre follow-up	(0) Fluglärm-Zonen	(0) Blutdruck

Publikations-jahr	Ort und Land	Autoren	Teilnehmer, Alter Anzahl Geschlecht ²	Exposition 0=objektiv (Lärmmessungen außen) S= Subjektiv (Belästigung)	O= objektiv (Messung oder ärztl. Interview) S= Subjektiv (Selbstangabe in einer Postverschickten Fragebogen-Studie)
2003	Berlin, Spandau, Deutschland	Maschke et al. 2003,	1718/ 16-90 Jahre / mw (80 % Response)	(0, S) Straßenlärm-spiegel, Fluglärmkonturen, Lärmbelästigung	(0) Häufigkeit (2J) ärztl. Konsultationen wg. Bluthochdruck, Angina pectoris, Herzinfarkt - nach medizinischer Anamnese
2004	Berlin, NaRoMi, Deutschland	Babisch, 2004	4115 / 20-69 Jahre / mw (86% Response)	(0, S) Straßenlärm-spiegel, Fluglärmkonturen, Lärmbelästigung	(O) Herzinfarktpatienten in 32 Berliner Kliniken und Kontrollpatienten; 45min Interview, eingehende klein. Untersuchung incl. RR-Messung
2004	Amsterdam, Niederlande	Franssen et al. 2004	11812 / > 18 Jahre / mw (39% Response)	(0) Fluglärm- Pegel, Flug-Lärmbelästigung	(S) Allgemeiner Gesundheitszustand, einzelne Beschwerden; Medikation für Herz-Kreislauf-Erkrankungen oder Bluthochdruck, Schlaf- und Beruhigungsmittel
2004 (2003/04)	Stockholm, Schweden	Bluhm et al, 2004	Erwachsene 45-65 417, m (>80 % Response)	(0) Fluglärm- Pegel, Flug-Lärmbelästigung Längsschnittstudie 10Jahre; Fall-Kontroll-Studie	(S) Behandlung wegen Angina Pectoris, neu diagnostizierter Herzinfarkt; neu diagnostizierter Bluthochdruck, Medikamente gegen Bluthochdruck
2007	Frankfurt, Deutschland	Aydin und Kaltenbach, 2007	53 / 14-76 Jahre / mw (Response?)	(0) Fluglärm-Pegel	(S) Fragebogen, Blutdruckmessung durch Probanden selbst
2007	Stockholm, Schweden	Eriksson et al., 2007	2027 / 55-56 Jahre / m (87% Response)	(0) Fluglärm-Pegel	(O) ausführl. Fragebogen und körperliche Untersuchung incl. Blutdruck und Body Mass Index
2008	8 Flughäfen* Europa	Jarup et al., 2008	4861 / 45-70 Jahre / mw (30-78% Response)	(0) Fluglärm-Pegel (und Straßenlärm)	(S) Fragebogen (O) Blutdruckmessung, Cortisol im Speichel (Untergruppe)
2008	4 Flughäfen** Europa	Haralabidis et al., 2008	140 / 45-70 Jahre / mw (Response nicht angegeben)	(0) Lärmmessung im Schlafräum	(O) Messung von Blutdruck und Puls während der Nacht im Schlaf

*London Heathrow, England; Berlin Tegel, Deutschland, Amsterdam Schiphol, Holland; Stockholm Arlanda, Schweden; Milan Malpensa Italien; Athen, Griechenland

** London Heathrow, England; Stockholm Arlanda, Schweden; Milan Malpensa Italien; Athen, Griechenland

Tab. 3 Untersuchungen zu Auswirkungen des Flugverkehrs auf die Gesundheit der Anwohner (Erwachsene)– unter besonderer Berücksichtigung von Herz-Kreislauf-Erkrankungen – wesentliche Ergebnisse (modifiziert nach Babisch, 2006)

Publikations-jahr	Ort und Land	Autoren	Fluglärmbelastung	O= objektiv (Messung oder ärztl. Interview) S= Subjektiv (Selbstangabe in einer Postverschickten Fragebogen-Studie)	Wesentliche Ergebnisse
1974	München, Deutschland	Eiff et al. , 1974, Rohrmann, 1974	nicht angegeben	(0) Blutdruck, Puls	Hinweise auf höhere Blutdruckwerte in Regionen mit höherer Fluglärmbelastung, nicht konsistent; experimentelle Untersuchung: Blutdruckanstieg bei Rechenaufgaben deutlich höher als bei Beschallung.
1977	Amsterdam, Niederlande	Knipschild, 1977a	> 60 vs. < 60 dB(A) (ca)	(0) Blutdruck, Bluthochdruck, Therapie, Angina pectoris, Herzbeschwerden, pathologisches EKG, pathologische Herzform, Herzmedikamente	Belastungsgebiet: höhere Rate an Herz-Kreislauf-Erkrankungen (korr. Alter, Geschlecht, Gewicht und Rauchen)
1977	Amsterdam, Niederlande	Knipschild, 1977b	> 60 vs. < 60 dB(A) (ca)	(0) Arztkontakte wegen ausgewählter Krankheiten während einer Woche, u.a. Herz-Kreislauf-Erkrankungen, Magen-Darm, Knochen- und Gelenke, Müdigkeit etc.	Belastungsgebiet: sign. mehr Arztbesuche insgesamt und insbesondere wegen psychi(atri)scher Probleme, Rückenschmerzen und Darmproblemen (mehr, aber nicht sign. für Herz-Kreislauf-Erkrankungen, Magen-Schmerzen, Müdigkeit); sign. mehr Beruhigungs- und Schlafmittel; bei Frauen sign. mehr Herz- und Bluthochdruckmedikamente
1977	Amsterdam, Niederlande	Knipschild, 1977c	> 60 vs. < 60 dB(A) (ca)	(0) Verkauf von Medikamenten in Apotheken, u.a. gegen Bluthochdruck und Herzbeschwerden, Magen-Darmbeschwerden, Schlafstörungen etc.	Belastungsgebiet: Anstieg des Verkaufs von Beruhigungs- und Schlafmitteln in Abhängigkeit insbesondere vom Nachtfluglärm; nach Einschränkung der Nachtflüge wieder rückläufig; Herz- und Blutdruckmittel insgesamt ansteigend (nicht alterskorrigiert)
1999	Paris, Frankreich	Vallet et al. 1999		(O) Bluthochdruck (S) Fragebogen	Signifikant mehr Belästigung und Angst, mehr Krankheitstage; sign. mehr Medikamente für neuro-psychiatr. Krankheiten, mehr Beruhigungs- und Magenmittel
1999	Amsterdam, Niederlande	Franssen et al, 1999	> 50 vs. < 50 dB(A)	(0) Krankenhauseinweisungen wegen Herz-Kreislauf-Erkrankungen und wegen Atemwegserkrankungen	Kein Hinweis auf höhere Rate Krankenhauseinweisungen bei Bewohnern mit höherer Fluglärmbelastung bzw. Wohnnähe zum Flughafen
2001 / 2004	Okinawa, Japan	Matsui et al. 2001	≥ 70 dB(A) vs. < 60 dB(A)	(0) Blutdruck , Bluthochdruck-Diagnose	In belasteter Gruppe sign. höheres Risiko für Bluthochdruck (RR 1,4);

Publikations-jahr	Ort und Land	Autoren	Fluglärmbelastung	O= objektiv (Messung oder ärztl. Interview) S= Subjektiv (Selbstangabe in einer Postverschickten Fragebogen-Studie)	Wesentliche Ergebnisse
2001	Stockholm, Schweden	Rosenlund et al. 2001	> 55 vs. < 55 dB(A)	(S) Selbstangabe: ärztl. Diagnose Bluthochdruck	Belastungsgebiet (> 55 dB(A) Lden /oder > 72 dB(A) max) sign. häufiger Bluthochdruck (OR 1,5-1,6).
2002	Fukuoka, Japan	Got und Kaneko, 2002	≥ 70 dB(A) vs. < 60 dB(A)	(O) Blutdruck	Keine Assoziation zwischen systol. und diastolischem Blutdruck und Fluglärmbelastung, auch nicht nach Berücksichtigung antihypertensiver Medikamente und Lebensstil
2002	Fukuoka, Japan	Goto und Kaneko, 2002	≥ 70 dB(A) vs. < 60 dB(A)	(O) Blutdruck	Auch in Langzeitbetrachtung über 8 J: kein Unterschied der Blutdruckwerte in drei unterschiedlich belasteten Regionen
2003	Berlin, Spandau, Deutschland	Maschke et al. 2003, Maschke, 2003	Fluglärmschutzzonen nach Fluglärmgesetz	(O) Häufigkeit (2J) ärztl. Konsultationen wg. Bluthochdruck, Angina pectoris, Herzinfarkt – nach medizinischer Anamnese Sehr ausgewählte Gruppe!	Hypertonie-Risiko in Zone mit höchster Lärmbelastung OR 1,5 (n.s.); Risiko für eine ärztliche Diagnose von Angina pectoris (nach Selbstangabe der Teilnehmer) war bei > 62 dB(A) 1,6, n.s., das für Herzinfarkt war in der exponierten Gruppe geringer (RR 0,4).
2004	Berlin, NaRoMi, Deutschland	Babisch, 2004	≥ 65 dB(A) vs. < 60 dB(A) L den	(O) Herzinfarktpatienten in Berlin; Kontrollgruppe gematcht	Lärmexponierte Männer sign. höheres Herzinfarktrisiko OR 1,18; solche die über 10 Jahre an der angegebenen Adresse wohnten: OR 1,33 bzw. 1,45; kein erhöhtes Risiko für Frauen
2004	Amsterdam, Niederlande	Franssen et al. 2004		(S) Allgemeiner Gesundheitszustand, einzelne Beschwerden; Medikation für Herz-Kreislauf-Erkrankungen oder Bluthochdruck, Schlaf- und Beruhigungsmittel	Mit zunehmender Fluglärmbelastung schlechterer Gesundheitszustand (sign. ab > 60 dB(A)) und mehr Medikamente für Herz-Kreislauf-Erkrankungen, verschriebene und nicht verschriebene Schlaf/Beruhigungsmittel (sign. bezogen auf Fluglärm gesamt, nicht Nachtfluglärm; rezeptfreie Schlaf/Beruhigungsmittel sign. häufiger bei hoher Fluglärmbelastung spät abends(22-23 h)
2004 (2003/4)	Stockholm, Schweden	Bluhm et al. 2004	< 55 dB(A) Fluglärm vs. kein Fluglärm	(S) Behandlung wegen Angina Pectoris, neu diagnostizierter Herzinfarkt; neu diagnostizierter Bluthochdruck, Medikamente gegen Bluthochdruck	Fluglärmexponierte hatten höheres Risiko für neu aufgetretenen ärztl. diagnostizierten Bluthochdruck (OR 2,28).
2007	Frankfurt, Deutschland	Aydin und Kaltenbach, 2007	50 resp. 40 dB(A) Nachtfluglärm (je nach Flugrichtung)	(S) Fragebogen, Blutdruckmessung durch Probanden selbst	Menschen im Westen des Flughafens (3/4 der Nächte Nachtfluglärm dtl. höhere Blutdruckwerte als im Osten Wohnende 1/4 der Nächte Nachtfluglärm)

Publikations-jahr	Ort und Land	Autoren	Fluglärm-belastung	O= objektiv (Messung oder ärztl. Interview) S= Subjektiv (Selbstangabe in einer Postverschickten Fragebogen-Studie)	Wesentliche Ergebnisse
2007	Stockholm, Schweden	Eriksson et al., 2007	≥ 50 dB(A) vs. < 50 dB(A) L den	(O) ausführl. Fragebogen und körperliche Untersuchung incl. Blutdruck und Body Mass Index	Belastungsgebiet: sign. mehr Neuerkrankungen an Bluthochdruck innerhalb der letzten 10 Jahre (22 % höheres Risiko bei > 50 dB(A) vs < 50 dB(A))
2008	8 Flughäfen* Europa	Jarup et al., 2008		(S) Fragebogen (O) Blutdruckmessung, Cortisol im Speichel (Untergruppe)	In Abhängigkeit von der Fluglärmbelastung in der Nacht – nicht am Tage – sign. häufiger Bluthochdruck; keine eindeutige Dosiswirkungsbeziehung: höchste Effekte bei 50-54 dB(A) tags und 40-44 dB(A) nachts; niedrigere Hypertonie-Raten bei höheren Fluglärm-Belastungen
2008	4 Flughäfen** Europa	Haralabidis et al., 2008	Lärmereignisse > 35 dB im Schlafzimmer; versch. Quellen: Flug-, Straßenlärm, anderer Außenlärm, Innenraumlärm	(O) Messung von Blutdruck und Puls während der Nacht im Schlaf	häufigste Lärmquelle ist der Innenraum (Schnarchen) Alle Lärmereignisse führten zu sign. Anstieg des Blutdrucks – bei allen Lärmquellen gleichermaßen; Anstieg des Blutdrucks bereits unterhalb der Aufwachschwelle Pulsanstieg nicht sign.;

*London Heathrow, England; Berlin Tegel, Deutschland, Amsterdam Schiphol, Holland; Stockholm Arlanda, Schweden; Milan Malpensa Italien; Athen, Griechenland

** London Heathrow, England; Stockholm Arlanda, Schweden; Milan Malpensa Italien; Athen, Griechenland

Zusammenfassende Darstellung der Studien zu Fluglärm und Herzgesundheit sowie Bluthochdruck

Niederlande, Amsterdam

Bereits in den 1970er Jahren fanden im Umfeld des Flughafens Schiphol, Amsterdam, erste Untersuchungen zu den möglichen Auswirkungen des Flughafens Schiphol auf die Gesundheit der Anwohner (n=6000) statt. Besonderer Wert wurde auf die Erfassung von Wirkungen auf das Herz-Kreislauf-System gelegt („**Bevölkerungsstudie**“). In einer weiteren Untersuchung („**Hausarztstudie**“) wurden Arztbesuche wegen Herz-Kreislauf-Erkrankungen, aber auch anderer Beschwerden wie z.B. Magen- und Darm-Beschwerden, Rückenschmerzen, Kopfschmerzen, Müdigkeit etc. erfasst (12000 Exponierte im Vergleich mit 17500 Nicht- oder Geringexponierten) (Knipschild 1977a, b). Des Weiteren wurde eine Erhebung in Apotheken zum Verkauf bestimmter Medikamente in verschiedenen fluglärmbelasteten Gemeinden über 8 Jahre vorgenommen („**Apothekenstudie**“) (Knipschild 1977c).

In der **Bevölkerungsstudie** (Knipschild et al. 1977a) wurden die Bewohner der stark fluglärmbelasteten Gemeinden (> B40) signifikant häufiger mit Medikamenten gegen Bluthochdruck und Herz-Kreislauf-Erkrankungen behandelt als nicht fluglärmbelastete. Darüber hinaus wurde bei ihnen signifikant häufiger eine krankhafte Herzform gefunden, wohingegen auffällige EKG-Werte nicht häufiger festgestellt wurden. Diese Befunde waren bei Männern und Frauen sowie in den einzelnen Altersgruppen konstant. Da in den fluglärmbelasteten Gemeinden mehr Raucher und mehr Übergewichtige wohnten (Hinweis auf niedrigeren Sozialstatus), wurde die Auswertung auch für Nichtraucher und Normalgewichtige gesondert vorgenommen, mit identischem Ergebnis. Die Autoren leiteten daraus starke Hinweise darauf ab, dass Fluglärm ein ursächlicher Faktor für Herz-Kreislauf-Erkrankungen und Bluthochdruck darstellt.

In Rahmen der **Hausarztstudie** (Knipschild 1977b), in welcher 19 Hausärzte an drei unterschiedlich fluglärmbelasteten Orten (12000 stark fluglärmbelastete und 17500 weniger fluglärmbelastete Bewohner) im Umfeld von Schiphol über eine Woche die Besuchshäufigkeiten und Besuchsründe ihrer Patienten dokumentierten, suchten Bewohner aus Gemeinden mit höherer Fluglärmbelastung signifikant häufiger ihren Arzt auf. Bei den einzelnen Besuchsanlässen waren psychi(atr)ische Erkrankungen sowie Darmbeschwerden und Rückenschmerzen signifikant häufiger. Auch bei Herz-Kreislauf-Erkrankungen, Magenbeschwerden und Kopfschmerzen wurden in den fluglärmbelasteten Gemeinden mehr Arztbesuche registriert, die Unterschiede waren allerdings nicht signifikant. Herzmedikamente wurden in den fluglärmbelasteten Gemeinden nur von Frauen, nicht von Männern häufiger eingenommen als in den weniger fluglärmbelasteten Gebieten.

Im Rahmen der **Apothekenstudie** (Knipschild 1977 c) wurde über 8 Jahre (1967-1974) der Trend des Arzneimittelverkaufs in zwei unterschiedlich fluglärmbelasteten Gemeinden im Umfeld von Schiphol erhoben und auf die Bevölkerung über 15 Jahren bezogen. Dabei zeigte sich in den fluglärmbelasteten Gebieten ein Anstieg des Verbrauchs an Schlaf- und Beruhigungsmitteln, Antazida und Herz-Kreislauf- und Blutdruck-Medikamenten, der so in der weniger fluglärmbelasteten Gemeinde nicht festzustellen war. Da sich die Bevölkerungsstruktur in beiden Gemeinden etwas unterschied, ist weniger der Vergleich zwischen den Gemeinden als der unterschiedliche Trend zu bewerten. Interessant ist darüber hinaus, dass nach Einschränkung der Nachtflüge 1973 und 1974 der Verkauf an Schlaf- und Beruhigungsmitteln wieder abnahm, während der Verkauf von Herz-Kreislauf- und Blutdruckmitteln weiter anstieg. Die Autoren sahen in den Ergebnissen der Apothekenuntersuchung auch eine Bestätigung der Hausarzt- und der Bevölkerungsstudie: Fluglärm kann zu Bluthochdruck

und verschiedenen psychosomatischen Beschwerden führen, aber auch – insbesondere Nachtfluglärm – Schlafstörungen und psychische Probleme verursachen.

In den **1990er Jahren** folgten im Umfeld des **Amsterdamer Flughafens** weitere Untersuchungen. Zum einen wurden die **Krankenhauseinweisungen** für bestimmte Krankheiten (u. a. Herz-Kreislauf-Erkrankungen und Atemwegserkrankungen) erfasst und nach Wohnadresse und damit Fluglärmbelastung ausgewertet; zum anderen wurde eine schriftliche Befragung der Bevölkerung zu ihrer **Selbsteinschätzung des Gesundheitszustands** und zum **Medikamentenverbrauch** durchgeführt (n=11812 Teilnehmer) (Franssen et al. 1999 und 2004; verschiedene RIVM-Reports, 2002, 2005).

Bei der größeren **schriftlichen Bevölkerungsbefragung** (30.000 Befragte, 11812 Teilnehmer) war der von den Teilnehmern angegebene Gesundheitszustand nicht schlechter als der der holländischen Bevölkerung insgesamt, doch war mit zunehmender Fluglärmbelastung der Gesundheitszustand der Teilnehmer schlechter. Dieser Unterschied war bei Bewohnern mit Fluglärmbelastung an der Wohnung > 60 dB(A) signifikant. Mit zunehmender Fluglärmbelastung nahmen die Teilnehmer mehr Herzmittel sowie verschriebene und auch rezeptfreie Schlaf- und Beruhigungsmittel ein; allerdings waren hier die höchsten Werte bei den 50-55 dB(A)-belasteten, nicht bei den höher belasteten Teilnehmern zu verzeichnen. Die Zusammenhänge waren am besten mit dem Fluglärm über den gesamten Tag (Lden) assoziiert, nicht mit dem Nachtfluglärm – mit Ausnahme der nicht verschreibungspflichtigen Schlaf/Beruhigungsmittel, die am engsten mit der Fluglärmbelastung von 22-23 Uhr assoziiert waren (Franssen et al, 2004). Die Gesundheitsbeschwerden waren allerdings nicht so schwerwiegend, dass Einweisungen ins Krankenhaus notwendig geworden wären. Die Auswertung der Krankenhauseinweisungen im Hinblick auf die Wohnadresse der Patienten zeigte kein höheres Risiko für eine Krankenhauseinweisung wegen Herz-Kreislauf- (und/oder Atemwegs) Erkrankungen der stark fluglärmbelasteten im Vergleich mit weniger fluglärmbelasteten Teilnehmern (Franssen et al., 1999).

Auch bei der kürzlich veröffentlichten Untersuchung an acht **europäischen Großflughäfen** hat Amsterdam teilgenommen; dort wurden eingehende Befragungen (Fragebogen) und differenzierte **Blutdruckmessungen** durchgeführt (Jarup et al., 2005 und 2008).

Schweden Stockholm

In Stockholm und Umgebung wurden in den 1990er Jahren verschiedene Surveys (Befragungen) durchgeführt, die auch im Hinblick auf Herz-Kreislauf-Erkrankungen und möglichen Fluglärm-Einfluß ausgewertet wurden, u.a. Behandlung wegen Angina Pectoris, diagnostizierter Herzinfarkt, diagnostizierter Bluthochdruck, Medikamente gegen Bluthochdruck (n=2959 und 417 Männer) (Rosenlund et al. 2001; Bluhm et al. 2004).

Die **Befragung** (Fragebogen per Post „Hat bei Ihnen ein Arzt in den letzten 5 Jahren **Bluthochdruck** diagnostiziert?“, Response 70%) von 2959 Bewohnern im Umfeld des Stockholmer Flughafens im Jahre 1997 zeigte für Menschen mit einer Fluglärmbelastung am Tag über 55 dB(A) im Vergleich mit < 55 dB(A) ein signifikant höheres Risiko für Bluthochdruck (OR 1,5 resp. adjustiert für Alter, Geschlecht, Rauchen, Bildung OR 1,6); bei Betrachtung der nächtlichen Maximalpegel (> vs. < 72 dB(A)) war die Risikoerhöhung sogar noch ausgeprägter (OR 1,6 resp. adjustiert 1,8) (Rosenlund et al., 2001).

In den Jahren 2002/4 wurden im Rahmen einer Längsschnittstudie 2027 Männer nachuntersucht, die bereits 10 Jahre zuvor an einer Untersuchung teilgenommen hatten. Zu der ausführlichen Befragung mit Fragebogen wurden Blutdruckwerte gemessen und die Neuerkrankungen an Bluthochdruck innerhalb der letzten 10 Jahre ausgewertet – auch im Hinblick auf die Fluglärmbelastung und -belästigung der Teilnehmer (Bluhm et al. 2004; Eriksson et al. 2007).

Bluhm et al. (2004) stellten zunächst die Auswertungen der ersten 417 Nachtersuchten im Rahmen eines Kongressberichts vor: es zeigte sich ein deutlich höheres Risiko für neu aufgetretenen Bluthochdruck in der fluglärmexponierten Gruppe. Darüber hinaus war das Risiko in der durch Fluglärm belästigten Gruppe besonders hoch. An der Folgeuntersuchung in den Jahren 2002/4 hatten dann insgesamt noch 2027 Männer teilgenommen (87% der Teilnehmer von 1992/4): Teilnehmer mit einer Fluglärmbelastung > 50 dB(A) hatten ein signifikant höheres Risiko für neu aufgetretenen Bluthochdruck (OR 1,2) als solche, die < 50 dB(A) ausgesetzt waren; ebenso war das Bluthochdruck-Risiko bei Maximalpegeln > 70 vs < 70 dB(A) signifikant erhöht (OR 1,2).

Auch an der europäischen Untersuchung zur Auswirkungen von Flug (und Straßen)-Lärm auf den Blutdruck haben Anwohner des Flughafens Stockholm und aus der weiteren Umgebung teilgenommen (Jarup et al. 2005 und 2008; Haralabidis et al. 2008).

Frankreich, Paris

Im Rahmen einer ersten Machbarkeitsstudie wurden im Umfeld des Flughafens Roissy von 7 Ärzten insgesamt 649 erwachsene Patienten (275 fluglärmexponiert und 3784 nicht fluglärmexponiert) mittels eines ausführlichen Fragebogens befragt und körperlich untersucht. Es ergaben sich signifikante Zusammenhänge zwischen Fluglärm und Belästigung, Angst sowie Medikamenteneinnahme für neuropsychiatrische Probleme incl. Beruhigungsmittel und Magenmittel. Es wurden keine signifikanten Zusammenhänge zwischen Fluglärm und Schlafstörungen sowie Bluthochdruck erhalten (Vallet et al., 1999).

Japan, Okinawa und Fukuoka

In den 1990er Jahren wurden im Umfeld der Flughäfen in Okinawa und des Flughafens in Fukuoka verschiedene Surveys durchgeführt, Erhebungen zur Gesundheit (**Fragebögen**) incl. **Messung des Blutdrucks**. Im Umfeld von Okinawa nahmen 28781 Menschen teil: bei Fluglärmbelastungen > 70 dB(A) im Umfeld von Okinawa wurde ein signifikant höheres Risiko für hohen Blutdruck gefunden (Matsui et al. 2001). Im Umfeld des Flughafens Fukuoka wurden 469 fluglärmexponierten Frauen mit 1177 nicht fluglärmexponierten verglichen; die Ergebnisse zum Blutdruck waren nicht eindeutig (Goto und Kaneko 2002).

Deutschland, verschiedene Flughäfen

In den 1970er Jahren wurden im Umfeld des Flughafens **München** erstmals Untersuchungen zu möglichen Wirkungen auf die Gesundheit der Anwohner durchgeführt (n=392) (Eiff et al. 1974). Die Autoren stellten fest, dass Fluglärm zwar nicht zu manifesten Erkrankungen führt, jedoch tendentiell zu Veränderungen vegetativer Funktionen, und es sei nicht auszuschließen, dass Fluglärm einen Risikofaktor für die Entstehung der essentiellen Hypertonie darstellte.

In **Berlin**, wo bereits mehrere größere Untersuchungen zu den Auswirkungen des Straßenverkehrslärms stattfanden, wurden zusätzlich Auswirkungen der Fluglärmbelastung in zwei Studien untersucht. Zum einen wurden in der **NaRoMI-Studie (Noise and Risk of Myocardial Infarction)** im Rahmen einer Fall-Kontrolluntersuchung in den Jahren 1998 bis 2001 die Auswirkungen von Verkehrslärm (Straße und Flug) auf das Herzinfarktrisiko analysiert. Dabei wurden Herzinfarktpatienten in 32 Berliner Krankenhäusern erfasst und mit Kontrollpersonen (gematcht nach Alter und Geschlecht) verglichen (Insgesamt 4115 Patienten) (Babisch 2004). Im Ergebnis war Straßenverkehrslärm signifikant mit einem Risiko für höheren Blutdruck assoziiert. - Während des Krankenhausaufenthaltes der Patienten wurden standardisierte Interviews zur Belästigung durch verschiedene Umwelt- und Arbeitslärmquellen durchgeführt. Bei Männern war die Belästigung durch Straßenverkehrslärm und bei Frauen die Belästigung durch Fluglärm in der Nacht signifikant mit einem höheren Myokardinfarkt-Risiko verbunden.

Darüber hinaus wurde im Rahmen des 9. Durchgangs der seit 1982 durchgeführten Längsschnittstudie („**Spandauer Gesundheits Survey**“) nicht nur die Auswirkung des Straßen-, sondern auch des Fluglärms auf die Gesundheit (Herz-Kreislauf-System, Atemwege etc.) in einer selbst rekrutierten, überwiegend älteren und gesundheitsbewußteren, d.h. nicht repräsentativen Bevölkerungsgruppe (n= 1715, im Mittel 60 J (18-90 J) untersucht (Maschke et al. 2003). Bei allen 2015 Probanden wurde der Straßenlärmpegel an der Wohnung anhand von Lärmkarten der Stadt erfasst, bei den Teilnehmern mit Fluglärmbelastung auch anhand der Fluglärmkarten; zusätzlich wurde nach Belästigung durch Straßen-, Flug-, Bahn- und Nachbarschaftslärm gefragt. Alle Teilnehmer erhielten eine körperliche Untersuchung mit Blutdruckmessung, Gewichtsstatus, versch. Blut- und Urinuntersuchungen. 85 % wohnten länger als 10 Jahre in derselben Wohnung, Straßenlärm hat sich seit 1993 nicht wesentlich verändert. Es wurden 12 Kontrollvariablen bei der Auswertung berücksichtigt (Alter, Geschlecht, BMI, Sozioökonomischer Index, Bewegung im Beruf, sportliche Aktivität, Lärmempfindlichkeit, Hörfähigkeit, Jahreszeit der Untersuchung). Für die Arbeitsstichprobe Lärm (n=1718) lagen vollständige Angaben aus dem Lärmfragebogen vor.

Zusammenfassend stellten die Autoren fest: „Es ergaben sich statistische Zusammenhänge zwischen der nächtlichen Verkehrsgeräuschbelastung am Wohnort der Probanden (22-6 Uhr) und Beeinträchtigungen des Herz-Kreislauf-Systems (Behandlung aufgrund von Hypertonie), des Immunsystems (Behandlung von Asthma) und des Stoffwechsels (Behandlung aufgrund erhöhter Blutfette). Im Gegensatz zum nächtlichen Verkehrslärmpegel wies der äquivalente Dauerschallpegel am Tage (6-22 Uhr) einen deutlich geringeren Zusammenhang mit der Prävalenz ärztlicher Behandlungen der genannten Krankheiten auf (Ausnahme Bronchitis). Bei der Prävalenz ärztlicher Behandlungen von psychischen Störungen zeigte sich dagegen ein starker Zusammenhang mit der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm am Tage“.

Außerdem nahm **Berlin (Flughafen Tegel)** an der Europäischen Studie mit 8 Flughäfen in Europa zur Untersuchung der Fluglärmwirkungen auf den Blutdruck teil (Jarup et al., 2008).

Im Umfeld des Flughafens **Köln-Bonn** (Stadt Köln, Rhein-Sieg-Kreis, Rheinisch-Bergischer Kreis) wurden im Jahre 2005 die Arzneimittelverordnungen von 809000 Krankenversicherten (42% der Bevölkerung) erfasst und im Hinblick auf die Fluglärmbelastung an der Wohnung der Versicherten analysiert (Greiser et al. 2006). Es ergaben sich signifikante Assoziationen zwischen der Fluglärmbelastung und der Verordnung von Bluthochdruck- und Herz-Kreislaufmitteln und auch – bei

Frauen – von Beruhigungs- und Schlafmitteln. Diese waren mehr mit nächtlichem Fluglärm assoziiert als mit Fluglärm am Tage.

Im Umfeld des **Frankfurter Flughafens** wurden zwischen Oktober 2002 und Juni 2005 insgesamt 53 Anwohner zu ihrem Gesundheitszustand befragt, sie zeichneten darüber hinaus für 6 Monate täglich den Grad ihrer Belästigung durch Fluglärm sowie die selbst gemessenen Blutdruckwerte auf (Aydin und Kaltenbach 2007). Die Probanden im Westen, die über drei Viertel der Zeit Nachtfluglärm > 50 dB(A) ausgesetzt sind, hatten signifikant höhere Blutdruckwerte (+10 mm Hg systolisch und + 8 mm Hg diastolisch) als die Bewohner im Osten des Flughafens, die während einem Viertel der Zeit Nachtfluglärm > 50 dB(A) haben. Während der Untersuchungszeit war bei den Bewohnern östlich von Frankfurt eine gute Übereinstimmung mit der Fluglärmwahrnehmung und der tatsächlichen Fluglärmbelastung festzustellen, nicht jedoch bei den westlich von Frankfurt Wohnenden. Die Autoren bewerteten dies als Folge der langfristig höheren Lärmbelastung im Westen, die zu einem höheren Stress insgesamt geführt hatte, weshalb die Änderungen im Lärm nicht mehr wahrgenommen werden.

Darüber hinaus wurde im Umfeld des Flughafens **Frankfurt** kürzlich die im Jahre 2005 durchgeführte große „Belästigungsstudie“ (N=2312 Anwohner über 16 Jahre) und die darin eingeschlossene Vertiefungsstudie fertig gestellt (Schreckenbergs und Meis 2006). Die eingehenden Fragen zu Symptomen und Erkrankungen und zum Medikamentenverbrauch sind bislang noch nicht differenziert ausgewertet. In der Belästigungsstudie füllten die 200 Teilnehmer nicht nur weitere, detailliertere Fragebögen aus, sondern zeichneten auch mit Hilfe von Hand-Helds ihre tägliche subjektiv empfundene Lärmbelastung vier Tage in Folge auf.

Multizentrische Verkehrslärmstudie HYENA

In den letzten Jahren wurde eine große multizentrische Studie zu Verkehrslärmbelastung und Blutdruck durchgeführt, an welcher ca. 6000 Erwachsene (45-70 J) aus 6 Städten in Europa (London Heathrow, England; Berlin Tegel, Deutschland, Amsterdam Schiphol, Holland; Stockholm Arlanda, Schweden; Milan Malpensa Italien; Athen, Griechenland), teilgenommen haben (Jarup et al., 2005 und 2008). Es wurden u.a. Blutdruck gemessen und zahlreiche Faktoren in einem Fragebogen erhoben. Der Fluglärm am Tage war negativ mit Bluthochdruck assoziiert (nicht signifikant); nächtlicher Fluglärm führte zu Blutdruckerhöhung, signifikant bei 40-44 dB(A) nachts, nicht bei höheren Lärmbelastungen. Es wurden deutlich höhere Effekte bei Straßenverkehrslärm als bei Fluglärm am Tage gefunden, insbesondere bei Männern, nicht bei Frauen (Jarup et al., 2008). Eine weiterführende Studie zum Blutdruckverhalten bei nächtlichen Lärmereignissen, gemessen im Schlafraum, die bei 140 Probanden aus 4 Städten (London Heathrow, England; Stockholm Arlanda, Schweden; Milan Malpensa Italien; Athen, Griechenland) vorgenommen wurde, zeigte signifikante Blutdruckanstiege bei Lärmereignissen > 35 dB im Schlafraum, weitgehend unabhängig von der Lärmquelle (Flug-, Straße-, außen, innen). Die Blutdruckerhöhung trat bereits unterhalb der Aufwachschwelle ein, d.h. die Probanden hatten das Lärmereignis nicht bewusst wahrgenommen (Haralabidis et al. 2008).

Herzgesundheit einschließlich Blut(hoch)druck - Ergebnisse im Überblick

Die nachfolgend dargestellten zusammenfassenden Tabellen wurden der Arbeit von Babisch (2006) entnommen und durch die inzwischen erschienenen Arbeiten von Eriksson et al., 2007 (Schweden), und die multizentrische HYENA-Studie (Jarup et al. 2005 und 2008; Haralabidis et al. 2008) ergänzt und fortgeschrieben.

Bluthochdruck

In den älteren Studien wurden größere Effekte des Fluglärms auf den Blutdruck und die Herzgesundheit gefunden als in den jüngeren Arbeiten – bei früher höheren Lärmbelastungen sowohl in der Gruppe der Exponierten als auch in den Vergleichsgruppen. In den 1970er Jahren lag in Holland die Fluglärmbelastung für die Exponierten bei 60-70 dB(A), im Vergleich mit den Nicht-Exponierten (<60 dB(A)). Die Risikoerhöhung für Bluthochdruck lag zwischen 50 und 80% (OR 1,5 bis 1,8).

Tab. 4 Bluthochdruck bei Erwachsenen – in Abhängigkeit von der Fluglärmbelastung (Odds-Ratios) (modifiziert nach Babisch 2006)

dB(A)	46-50	51-55	56-60	61-65	66-70	71-75
Amsterdam (n=5828) <i>Knipschild 1977</i>						
Klin. Hypertonie mw	-	1		1,73 (1,38-2,16)		-
Klin. Hypertonie m	-	1		1,81 (1,23-2,66)		-
Klin. Hypertonie w	-	1		1,68 (1,28-2,22)		-
Hypertonie mw	-	1		1,47 (1,24-1,73)		-
Hypertonie m	-	1		1,49 (1,07-2,07)		-
Hypertonie w	-	1		1,46 (1,20-1,76)		-
Okinawa (n=28781) <i>Matsui 2001, 2004</i>						
Klin. Hypertonie mw	-	1		1,1 (1,0-1,2)	1,1 (0,9-1,2)	1,37 (1,2-1,6)
Klin. Hypertonie (grenzwertig) mw	-	1		1,0 (1,0-1,1)	1,1 (1,0-1,2)	1,17 (1,05-1,3)
Stockholm (n=2959) <i>Rosenlund, 2001</i>						
Hypertonie mw	1			1,6 (1,0-2,5)	-	-
Hypertonie m	1			1,7 (0,9-3,3)	-	-
Hypertonie w	1			1,4 (0,8-2,8)		
Berlin Spandau (n1351) <i>Maschke 2003</i>						
Hypertonie mw		1		1,09 (0,8-1,5)	1,5 (0,6-4,2)	-
Stockholm (n=417) <i>Bluhm et al. 2004</i>						
Hypertonie m	1			1,64 (1,21-2,21)	-	-
Stockholm (n=2027) <i>Erikssen et al. 2007</i>						
Bluthochdruck m Neuerkrankung	1		bei Zunahme um 5 dB(A)	1,19 (1,03-1,37)		
Europa HYENA (n=4861) <i>Jarup et al. 2008</i>						
Bluthochdruck mw 16h	1		Bei Zunahme um 10 dB(A)	0,928 (0,829-1,038)		
Bluthochdruck mw Nacht	1			1,141 (1,012-1,286)		

Fettdruck: Risikoerhöhung signifikant

Im Umfeld der Militärflughäfen in Japan wurden in den 1990er Jahren teilweise sehr hohe Fluglärmbelastungen über 70 dB(A) beschrieben mit einer Risikoerhöhung bis 37 % in der höchst belasteten

Gruppe vs. Kontrollpersonen (< 60 dB(A)) (Matsui et al., 2001). In der Studie im Umfeld des Stockholmer Flughafens, die in den 1990er Jahren mittels Befragung durchgeführt wurde, war bei Fluglärmbelastungen zwischen 56 und 65 dB(A) im Vergleich mit < 55 dB(A) noch eine Risikohö-
 hnung für Bluthochdruck um ca. 60 % (OR 1,6) ermittelt worden (Rosenlund et al. 2001).

In den neueren Untersuchungen nach dem Jahr 2000 liegt nicht nur die Lärmbelastung für die Kontrollgruppen unter 50 dB(A), es zeigen sich auch geringere Risikozunahmen für Bluthochdruck bei Fluglärmbelastung. Eriksson et al. (2007) ermittelten bei einer Zunahme des Fluglärms um 5 dB(A) eine Zunahme des Risikos für Bluthochdruck um etwa 20 % (OR 1,19). In der multizentrischen HYENA-Studie (Jarup et al. 2008) wurden bei einer Zunahme des nächtlichen Fluglärms um 10 dB(A) eine Erhöhung des Risikos um 14 % gefunden (OR 1,14), während eine Zunahme des Fluglärms am Tage keine Risikoerhöhung für Fluglärm erkennen ließ.

Erst in Studien, die in den letzten Jahren in Berlin durchgeführt wurden, wurde nicht nur ein Zusammen-
 hang zwischen Fluglärmbelastung und Bluthochdruck, sondern auch ein möglicher Zusammen-
 hang zwischen Fluglärmbelastung und Blut(hoch)druck untersucht (Tab. 5). Tendentiell zeigen sich
 engere Zusammenhänge zwischen dem Lärm nachts als tagsüber und den untersuchten Effekten; für
 den Herzinfarkt ergeben sich aber unterschiedliche Wirkungen in unterschiedlichen Studien: in der
 Spandauer Untersuchung ist die (Flug)Lärmbelastung tagsüber enger mit Herzinfarkt assoziiert als
 die nächtliche Fluglärmbelastung, was durch den geringen Nachtflugbetrieb in Spandau erklärt wer-
 den kann. In der NaRoMi-Studie, die sowohl die Belästigung durch Flug- als auch durch Straßenlärm
 untersuchte, wurde ein signifikanter Zusammenhang zwischen einer erheblichen Fluglärmbelastung
 nachts und Herzinfarkt gefunden (bei differenzierter Betrachtung, nur bei Frauen, nicht bei Männern
 signifikant; bei Männern hingegen war Straßenlärm und nicht Fluglärm mit einem sign. höheren
 Herzinfarktrisiko assoziiert).

Tab. 5 Bluthochdruck und Herzerkrankungen – in Abhängigkeit von der Fluglärmbelastung – Odds-Ratios) (modifiziert nach Babisch 2006)

	Belästigung			
	1 nie	2 selten	3 manchmal	4+5 stark/sehr stark
Berlin-Spandau (n=1350) <i>Maschke 2003</i>				
Bluthochdruck mw (Tag)	1		1,18 (0,83-1,67)	
Bluthochdruck mw (Nacht)	1		1,30 (0,81-2,09)	
Angina pectoris mw (Tag)	1		1,12 (0,48-2,65)	
Angina pectoris mw (Nacht)	1		2,12 (0,80-5,61)	
Herzinfarkt mw (Tag)	1		2,39 (0,47-12,0)	
Herzinfarkt mw (Nacht)	1		1,89 (0,20-18,1)	
Berlin NaRoMi (n=4115) <i>Babisch 2004</i>				
Herzinfarkt m (Tag)	1		1,02	1,03
Herzinfarkt m (Nacht)	1		1,10	1,16
Herzinfarkt w (Tag)	1		1,28	1,44
Herzinfarkt w (Nacht)	1		1,64	2,10 (p<0,05)
Stockholm (n=417) <i>Bluhm 2004</i>				
Neuerkrankung Bluthochdruck	1			1,48 (0,96-2,31)
Neuer medikamentös behandelter Bluthochdruck	1			1,79 (1,09-2,93)

Herz-Kreislauf-Erkrankungen

Zum möglichen Zusammenhang zwischen Fluglärm und verschiedenen Herz-Kreislauf-Erkrankungen wurden weniger Studien durchgeführt als zum Blutdruck (Tab. 6); in den 1970er Jahren waren in Holland signifikant mehr Arztbesuche in fluglärmbelasteten Gebieten als in Vergleichsgebieten festgestellt worden (Knipschild 1977b), in der ebenfalls in den 1970er Jahren durchgeführten Bevölkerungsstudie (Knipschild 1977a) hatten fluglärmbelastete Frauen signifikant häufiger über Herzbeschwerden geklagt. Die weiteren damals erfragten Befunde/Beschwerden zeigten keine signifikanten Auffälligkeiten.

Tab. 6 Ischämische Herzerkrankungen in Abhängigkeit von der Fluglärmbelastung (Odds-Ratios) (nach Babisch 2006)

Fluglärm dB(A)	46-50	51-55	56-60	61-65	66-70	71-75
Amsterdam (n=5828) <i>Knipschild, 1977</i>						
Angina pectoris mw	-	1		1,11 (0,82-1,50)		-
Angina pectoris m	-	1		1,49 (0,89-2,51)		-
Angina pectoris w	-	1		0,95 (0,65-1,38)		-
Herzbeschwerden mw	-	1		1,40 (0,98-2,01)		-
Herzbeschwerden m	-	1		1,16 (0,73-1,82)		--
Herzbeschwerden w	-	1		1,94 (1,07-3,49)		-
EKG pathologisch mw	-	1		1,16 (0,92-1,47)		-
EKG pathologisch m	-	1		1,05 (0,71-1,56)		-
EKG pathologisch w	-	1		1,23 (0,92-1,65)		-
Amsterdam (n=18025) <i>Knipschild 1977</i>						
Herz-Kreislauf-Erkrankung mw	1			1,80 (1,25-2,59)	-	-
Herz-Kreislauf-Erkrankung m	1			1,91 (1,08-3,40)	-	-
Herz-Kreislauf-Erkrankung w	1			1,72 (1,07-2,70)	-	-
Berlin Spandau (n=1351) <i>Maschke 2003</i>		1		1,65 (0,83-3,31)	-	-
Angina pectoris mw		1		0,40 (0,05-3,27)	-	-
Herzinfarkt mw						
Stockholm (n=417) <i>Bluhm 2004</i>						
Angina pectoris m	1			0,86 (0,28-2,63)	-	-
Herzinfarkt m	1			2,59 (0,93-7,24)		

Keine weiteren Studien (da Aydin et al. 2007; Eriksson et al. 2007; und Jarup et al. 2008 ausschließlich Bluthochdruck und nicht Herzerkrankungen untersucht haben)

Auch die weiteren, später durchgeführten Untersuchungen aus den 1990er Jahren in Holland lassen keine signifikanten Zusammenhänge zwischen Fluglärmbelastung und Herz-Kreislauf-Erkrankungen erkennen. Ebenso wurden in Holland keine Hinweise gefunden, dass es in Gebieten mit höherer Fluglärmbelastung zu vermehrten Krankenhauseinweisungen wegen Herzerkrankungen kommt (Franssen et al., 2002). Allerdings ist hierzu einschränkend zu betonen, dass Krankenhauseinweisungen i.d.R. erst sehr spät erfolgen, insbesondere nur bei sehr schweren Erkrankungen. Leichtere Beschwerden und Erkrankungen entgehen der Erfassung mit dieser Methode. Neuere Studien nach 2000 sind bislang nicht publiziert.

Zusammenfassung: Fluglärm und Herz-Kreislauf-Erkrankungen

In seiner sehr umfassenden Übersichtsarbeit (Babisch 2006), in welcher 61 epidemiologische Studien zu Verkehrslärm und Herz-Kreislauf-Risiko ausgewertet werden, kommt Babisch zu dem Schluß, dass angesichts nicht übereinstimmender Ergebnisse derzeit keine Evidenz dafür besteht, dass Verkehrslärm zu höheren **Blutdruck**werten in der Bevölkerung führt. Er führt weiter aus: „Das heißt jedoch nicht, dass die Lärmhypothese an sich verworfen werden kann. Die Studien haben oft ungenügende power, enge, geringe Expositionsbereiche oder andere Begrenzungen im Studiendesign. Vor diesem Hintergrund erscheint es sinnvoller, den manifesten klinischen Bluthochdruck zu betrachten als Mittelwerte von Blutdruckmessungen“. Im Hinblick auf den **Bluthochdruck** weisen jedoch alle Studien auf ein höheres Risiko bei Fluglärmexponierten im Vergleich mit Nicht-Exponierten hin. Es gibt wenig Hinweise aus den Studien, dass Lärmexpositionen < 60 dB(A) am Tage ein Risiko für Herzinfarkt bedeuten. Bei Verkehrslärmbelastung über 60 dB(A) jedoch weisen fast alle Studien gleichermaßen auf ein erhöhtes Herzinfarkt-Risiko hin. (Dieses ist offenbar insbesondere bei nächtlichem Verkehrslärm erhöht (Maschke et al., 2003; Babisch et al., 2004)).

2006 bewertet Babisch in seiner umfassenden Übersichtsarbeit die Evidenz eines Zusammenhangs zwischen Verkehrslärmbelastung und Bluthochdruck als begrenzt bis ausreichend („limited or sufficient evidence“, zwischen Verkehrslärmbelastung und Herzinfarkt als ausreichend („sufficient evidence“).

Seither sind einige weitere Untersuchungen zu den Auswirkungen von Verkehrslärm (Fluglärm) auf den Blutdruck und das Herz-Kreislaufsystem erschienen, die diese Bewertung von Babisch (2006) unterstützen: Eriksson et al. (2007) konnten zeigen, dass 10 Jahre Wohnen in fluglärmexponierten Gebieten (> 50 dB(A)) mit einer ca. 20 prozentigen Risikoerhöhung (sign.) für neu aufgetretenen Bluthochdruck verbunden ist. In der HYENA-Studie (Jarup et al., 2008) wurden signifikante Zusammenhänge zwischen dem Nachtfluglärm und der Rate an Bluthochdruck bei Exponierten gefunden (nicht Fluglärm am Tage). In einer vertieften Teiluntersuchung zur HYENA-Studie zeigte sich, dass nach Lärmereignissen ab 35 dB(A) im Schlafraum (bei Fluglärm, aber auch bei anderen Lärmereignissen wie Straßen- oder Innenraumlärm) die Blutdruckwerte anstiegen (Haralabidis et al., 2008). Neuere Studien zu Fluglärm und Herz-Kreislauf-Erkrankungen und Herzinfarkt liegen nicht vor.

3. Allgemeiner Gesundheitszustand und Medikamente

Medikamente

Verschiedene Untersucher haben – teilweise sehr detaillierte – Untersuchungen zum Zusammenhang zwischen Fluglärm und der Verschreibung, dem Verkauf bzw. der Einnahme von Herz- und Kreislaufmedikamenten (und anderen Medikamenten) durchgeführt (Knipschild, 1977a, c; Franssen et al., 2004; Greiser et al., 2006). Wie auch schon bei den Studien zum Herz-Kreislauf-Risiko unterschieden sich nicht nur die Stärke der Fluglärmbelastungen in den einzelnen Studien, sondern auch die Methoden erheblich. Die Methoden (Tab. 7) umfassen:

- direkte Patientenbefragung durch den Hausarzt (Knipschild 1977a, Bluhm et al., 2004),
- Erfassung des Medikamentenverkaufs in Apotheken aus unterschiedlich fluglärmbelasteten Regionen (Knipschild 1977c),
- fragebogengestützte Erhebungen zum Medikamentenkonsum (Franssen et al., 2004; Schreckenberg und Meis 2006) und
- Erfassung der Medikamentenverordnungen an Kassenpatienten in einer Region ohne schriftlichen oder persönlichen Kontakt mit den Betroffenen (Greiser et al., 2006).

Die Ergebnisse sind in Tab. 8 zusammengefasst dargestellt.

Knipschild (1977a) berichtete über körperliche Untersuchungen und Befragungen von ca. 6000 Erwachsenen, die im Umfeld des Flughafens Amsterdam wohnten. Bei Fluglärmbelastungen > 60 dB(A) gaben signifikant mehr Anwohner an, Herz-Kreislaufmittel einzunehmen als < 60dB(A)-Exponierte. Der Anstieg war insbesondere bei Frauen signifikant, nicht aber bei Männern.

In der sog. Amsterdamer Apothekenstudie wurde der Arzneimittelverkauf in Regionen unterschiedlicher Fluglärmbelastung im Umfeld des Flughafens Amsterdam von 1967 bis 1974 untersucht (Knipschild 1977b). Es zeigten sich signifikante Assoziationen zwischen Fluglärmbelastung > 61 dB(A) im Vergleich mit < 55 dB(A) und den Verkaufsdaten verschiedener Medikamente; die Assoziationen zwischen Fluglärmbelastung und Herz-Kreislauf- und Bluthochdruckmedikamenten waren am höchsten, sie blieben auch nach Reduzierung des Nachtfluglärms ab 1973 erhalten. Auch zwischen dem Verkauf an Schlaf- und Beruhigungsmitteln sowie Magen-Darmmitteln wurden signifikante Zusammenhänge erhalten, die allerdings nicht so hoch waren wie bei den Herz-Kreislauf-Medikamenten. Der Verkauf an Schlaf- und Beruhigungsmitteln sank nach Reduktion des Nachtfluglärms wieder leicht, wobei die Unterschiede zwischen den fluglärmbelasteten und nicht-belasteten Regionen erhalten blieben.

Im Winter 1996/97 führten Franssen et al. (2004) eine Fragebogenerhebung zum Gesundheitszustand und zur Medikamenteneinnahme bei 31.000 Anwohnern des Flughafens Amsterdam durch; 11.812 Angeschriebene nahmen teil (Response 39%). Im Vergleich mit nicht durch Fluglärm Belasteten gaben Fluglärmexponierte häufiger an, Herz-Kreislaufmittel einzunehmen mit einem Maximum in der Belastungsgruppe 56-60 dB(A); allerdings waren die Unterschiede zur Kontrollgruppe nicht signifikant. Auch Schlaf- und Beruhigungsmittel wurden von den Fluglärmexponierten häufiger eingenommen; die Unterschiede waren bei den nicht verschriebenen signifikant, nicht bei den verschriebenen Schlaf- und Beruhigungsmitteln.

Tab. 7 Untersuchungen zu Auswirkungen des Flugverkehrs auf den Medikamentenbedarf der Anwohner (Erwachsene) – Fluglärmbelastung, Teilnehmer und Methoden

Jahr der Publikation (Untersuchung)	Ort und Land	Autoren	Teilnehmer, Alter Anzahl Geschlecht²	Exposition O=objektiv (Lärmmessungen außen) S= Subjektiv (Belästigung)	O= objektiv (Messung oder ärztl. Interview) S= Subjektiv (Selbstangabe in einer Postverschickten Fragebogen-Studie)
1977	Amsterdam, Niederlande	Knipschild, 1977a	5828 / 35-64 Jahre/ mw (42 % Response)	(0) Fluglärm- Pegel > 60 vs. < 60 dB(A) (ca)	(0) Herzmedikamente
1977	Amsterdam, Niederlande	Knipschild, 1977c	Apotheken 8 Jahres-Trend	(0) Veränderung im Fluglärm- Pegel > 60 vs. < 60 dB(A) (ca)	(0) Verkauf von Medikamenten in Apotheken, u.a. gegen Bluthochdruck und Herzbeschwerden, Magen-Darmbeschwerden, Schlafstörungen etc.
2004 (1996/97)	Amsterdam, Niederlande	Franssen et al. 2004	11812 / > 18 Jahre / mw (39% Response)	(0) Fluglärm- Pegel, Flug-Lärmbelästigung > 50 vs. < 50 dB(A)	(S) Medikation für Herz-Kreislauf-Erkrankungen oder Bluthochdruck, Schlaf- und Beruhigungsmittel
2004 (2003/04)	Stockholm, Schweden	Bluhm et al, 2004	Erwachsene 45-65 417, m (>80 % Response) > 50 vs. < 50 dB(A)	(0) Fluglärm- Pegel, Flug-Lärmbelästigung Längsschnittstudie 10Jahre; Fall-Kontroll-Studie	(S) Medikamente gegen Bluthochdruck
2006 (2004/5)	Köln-Bonn, Deutschland	Greiser et al., 2006	Bevölkerung, > 800.000 versicherte von 7 Kassen	(O) Fluglärmpegel an der Wohnung abgeschätzt nach Lärmkarten; unterschiedliche Tagszeiten < 40dB(A), 40-<46dB(A); 47-62 dB(A)	(O) Medikamentenverordnungen an Kassenpatienten (keine Befragung der Patienten)
2006 (2005)	Frankfurt, Deutschland	Schreckenber und Meis, 2006	Geschichtete Zufalls-Stichprobe im Umfeld des Flughafens Frankfurt; 2312 Teilnehmer (61% Response)	(O) Fluglärmbelastung an der Wohnung Leq3, Tag 40-65 dB(A)	(S) Schlafmittelkonsum von < 40 bis 50 DB(A) 22-6 h, zunehmend, bei höheren Fluglärmbelastungen wieder abnehmend.

Tab. 8 Fluglärm und Medikamenteneinnahme (Odds-Ratios) (nach Babisch, 2006)

	46-50	51-55	56-60	61-65	66-70
Amsterdam (n=5828) <i>Knipschild, 1977</i>					
Herz-Kreislauf-Medi. mw	-		1	1,39 (1,12-1,72)	
Herz-Kreislauf-Medi. m	-		1	1,11 (0,74-1,66)	
Herz-Kreislauf-Medi. w	-		1	1,62 (1,25-2,08)	
Amsterdam (Apotheken) <i>Knipschild 1977</i>				5. Jahr vs. 1. Jahr	
Schlafmittel mw		1		Ca. 1,5	
Beruhigungsmittel mw		1		Ca. 1,6	
Antazida mw		1		Ca. 1,7	
Herzmittel mw		1		Ca. 2,4	
Blutdruckmittel mw		1		Ca. 5,5	
Amsterdam (n=11812) <i>Franssen 2004</i>					
Herz-Kreislaufmittel mw	1	1,18 (1,01-1,38)	1,26(0,98-1,6)	1,22(0,67-2,21)	
Schlaf/Beruhigungsmittel mw					
- verschrieben	1	1,15(0,93-1,4)	1,13(0,78-1,64)	1,52(0,67-3,42)	
- nicht verschrieben	1	1,59(1,20-2,1)	1,89(1,21-2,95)	2,02(0,77-5,30)	
Stockholm (n=417) <i>Bluhm 2004</i>					
Blutdruckmittel m		1		1,61 (1,15-2,25)	

Im Umfeld des Stockholmer Flughafens fanden Bluhm et al. (2004) bei der Nachuntersuchung von 417 Männern (10 Jahre Longitudinal-Untersuchung) bei den Fluglärmexponierten (>56 dB(A)) signifikant häufiger einen medikamentös behandelten Bluthochdruck als bei Nicht-Exponierten.

Die Frage der Einnahme von Medikamenten wurde auch teilweise in anderen Untersuchungen behandelt. So berichten Vallet et al. (1999) in einem Kongressbeitrag über eine Machbarkeitsstudie zu Fluglärm Auswirkungen im Umfeld des Pariser Flughafens Roissy: dort wurden 649 Patienten aus Ortschaften mit unterschiedlicher Fluglärmbelastung (keine genauen Angaben über die Höhe der Belastung) von 7 Ärzten befragt und untersucht. In der belasteten Gruppe wurden signifikant mehr Beruhigungsmittel, Medikamente für neuropsychiatrische Erkrankungen sowie Magenmittel eingenommen bzw. verschrieben als in dem Kontrollgebiet; dies traf nicht auf Schlaf- und Schmerzmittel zu.

Schreckenbergs und Meis (2006) fragten im Rahmen der großen Belästigungsstudie im Umfeld des Frankfurter Flughafens auch nach Schlafstörungen incl. Schlafmittelkonsum. Der Schlafmittelkonsum war in der Gruppe der 45-50 dB(A)-Belasteten (nächtlicher Lärm 22-6 h) am höchsten und sowohl in den niedrigeren als auch in den höheren Fluglärmbelastungsgruppen niedriger.

Neben den oben genannten Methoden – ärztliche Untersuchung und direkte Befragung von Probanden (Knipschild 1977 a, b; Vallet et al. 1999; Bluhm et al. 2004), Erfassung des Medikamentenverkaufs in unterschiedlich durch Fluglärm belasteten Regionen (Knipschild 1977c) und der umfassenden Befragung von Anwohnern mittels postversandten Fragebögen (Franssen et al. 2004) – wurde 2006 eine Erhebung publiziert, die anhand von Krankenkassendaten die Medikamentenverschreibungen für die Mitglieder untersucht und deren Fluglärmbelastung im Umfeld des Flughafens Köln-Bonn gegenübergestellt hat (Greiser et al. 2006). Insgesamt wurden die Daten von 809.000 Menschen erfasst, etwa 100000 von ihnen waren laut Angaben der Autoren tagsüber, ca. 165.000 waren nachts Fluglärm ausgesetzt.

Tab. 9 Fluglärmstudie Köln-Bonn - Kinder und Erwachsene – Verschreibung von Blutdruck- und Herz-Kreislaufmitteln und Assoziation zur Fluglärmbelastung am Tage, in der Nacht und zu besonderen Nachtzeiten (Odds-Ratios) (Greiser et al. 2006)

	< 40 dB(A)	40-46 dB(A)	47-62 dB(A)
Bluthochdruckmittel			
Männer			
6-22 Uhr	1	1,046 (0,976-1,121)	1,016 (0,923-1,119)
22-6 Uhr	1	1,079 (1,024-1,136)	0,998 (0,927-1,074)
23-1 Uhr	1	1,040 (0,985-1,098)	1,123 (1,038-1,215)
3-5 Uhr	1	1,054 (0,961-1,156)	1,242 (1,081-1,428)
Frauen			
6-22 Uhr	1	1,270 (1,197-1,347)	1,199 (1,009-1,308)
22-6 Uhr	1	1,332 (1,274-1,392)	1,319 (1,234-1,409)
23-1 Uhr	1	1,262 (1,204-1,323)	1,473 (1,373-1,581)
3-5 Uhr	1	1,268 (1,173-1,370)	1,663 (1,480-1,867)
Herz-Kreislaufmittel			
Männer			
6-22 Uhr	1	0,909 (0,825-1,003)	1,022 (0,894-1,169)
22-6 Uhr	1	1,095 (1,020-1,175)	1,047 (0,947-1,159)
23-1 Uhr	1	1,027 (0,955-1,106)	1,102 (0,990-1,226)
3-5 Uhr	1	1,136 (1,001-1,289)	1,267 (1,030-1,558)
Frauen			
6-22 Uhr	1	1,244 (1,147-1,350)	1,107 (0,977-1,255)
22-6 Uhr	1	1,356 (1,276-1,441)	1,498 (1,365-1,645)
23-1 Uhr	1	1,230 (1,154-1,312)	1,637 (1,484-1,807)
3-5 Uhr	1	1,215 (1,081-1,366)	2,157 (1,794-2,594)
Bluthochdruck- und Herzkreislauf-Mittel			
Männer			
6-22 Uhr	1	0,953 (0,854-1,064)	1,107 (0,951-1,289)
22-6 Uhr	1	1,106 (1,021-1,199)	1,145(1,021-1,283)
23-1 Uhr	1	1,070 (0,985-1,163)	1,193 (1,057-1,345)
3-5 Uhr	1	1,171 (1,017-1,350)	1,435 (1,142-1,804)
Frauen			
6-22 Uhr	1	1,425 (1,299-1,563)	1,365 (1,181-1,578)
22-6 Uhr	1	1,551 (1,449-1,660)	1,974 (1,772-2,197)
23-1 Uhr	1	1,447 (1,345-1,556)	2,171 (1,939-2,431)
3-5 Uhr	1	1,373 (1,205-1,564)	2,838 (2,307-3,491)
Bluthochdruck- Herzkreislauf-Mittel Beruhigungsmittel			
Männer			
6-22 Uhr	1	0,978 (0,771-1,242)	0,880 (0,628-1,235)
22-6 Uhr	1	1,265 (1,066-1,501)	0,989 (0,771-1,268)
23-1 Uhr	1	1,038 (0,864-1,248)	1,041 (0,803-1,350)
3-5 Uhr	1	1,361 (0,958-1,934)	1,090 (0,618-1,922)
Frauen			
6-22 Uhr	1	1,621 (1,286-1,894)	1,931 (1,477-2,524)
22-6 Uhr	1	1,894 (1,689-2,125)	2,116 (1,730-2,587)
23-1 Uhr	1	1,676 (1,478-1,899)	2,657 (2,153-3,279)
3-5 Uhr	1	1,786 (1,383-2,307)	3,114 (2,020-4,801)

Fettdruck: Unterschiede signifikant

Tab. 10 Fluglärmstudie Köln-Bonn - Kinder und Erwachsene – Verschreibung von Beruhigungs- und Schlafmitteln, Antidepressiva, Magen-Darm-Medikamenten und „restlichen“ Mitteln - Assoziation zur Fluglärmbelastung am Tage, in der Nacht und zu besonderen Nachtzeit (Greiser et al. 2006)

	< 40 dB(A)	40-46 dB(A)	47-62 dB(A)
Beruhigungs/Schlafmittel			
Männer			
6-22 Uhr	1	1,027 (0,917-1,150)	<u>0,783 (0,662-0,926)</u>
22-6 Uhr	1	1,204 (1,107-1,309)	<u>0,883 (0,781-0,999)</u>
23-1 Uhr	1	0,959 (0,877-1,049)	1,015 (0,891-1,157)
3-5 Uhr	1	1,063 (0,879-1,286)	0,956 (0,715-1,279)
Frauen			
6-22 Uhr	1	1,144 (1,047-1,249)	1,168 (1,022-1,334)
22-6 Uhr	1	1,264 (1,183-1,350)	1,115 (1,008-1,235)
23-1 Uhr	1	1,102 (1,028-1,181)	1,311 (1,177-1,459)
3-5 Uhr	1	1,287 (1,124-1,474)	1,353 (1,095-1,670)
Antidepressiva			
Männer			
6-22 Uhr	1	1,020 (0,906-1,148)	0,927 (0,786-1,093)
22-6 Uhr	1	1,017 (0,929-1,113)	0,967 (0,854-1,095)
23-1 Uhr	1	0,983 (0,897-1,077)	1,120 (0,980-1,279)
3-5 Uhr	1	1,016 (0,844-1,224)	0,784 (0,586-1,050)
Frauen			
6-22 Uhr	1	1,040 (0,953-1,134)	1,140 (1,007-1,290)
22-6 Uhr	1	1,143 (1,070-1,221)	1,097 (0,998-1,206)
23-1 Uhr	1	1,080 (1,010-1,156)	1,257 (1,137-1,390)
3-5 Uhr	1	1,252 (1,104-1,420)	1,174 (0,970-1,421)
Magen-Darm-Mittel			
Männer			
6-22 Uhr	1	1,005 (0,951-1,062)	<u>0,893 (0,826-0,996)</u>
22-6 Uhr	1	1,056 (1,013-1,101)	<u>0,938 (0,884-0,996)</u>
23-1 Uhr	1	1,005 (0,963-1,048)	1,030 (0,967-1,097)
3-5 Uhr	1	1,037 (0,946-1,138)	1,021 (0,879-1,185)
Frauen			
6-22 Uhr	1	0,955 (0,908-1,005)	<u>0,869 (0,808-0,935)</u>
22-6 Uhr	1	1,048 (1,009-1,089)	0,959 (0,907-1,013)
23-1 Uhr	1	1,011 (0,973-1,051)	1,082 (1,020-1,147)
3-5 Uhr	1	1,040 (0,957-1,130)	1,104 (0,971-1,256)
Restliche Mittel			
Männer			
6-22 Uhr	1	0,966 (0,932-1,000)	<u>0,878 (0,836-0,922)</u>
22-6 Uhr	1	1,026 (0,999-1,053)	0,964 (0,929-1,000)
23-1 Uhr	1	0,983 (0,957-1,011)	1,004 (0,965-1,045)
3-5 Uhr	1	1,043 (0,986-1,104)	1,155 (1,056-1,263)
Frauen			
6-22 Uhr	1	0,993 (0,961-1,027)	<u>0,944 (0,901-0,989)</u>
22-6 Uhr	1	1,010 (0,985-1,036)	1,004 (0,969-1,040)
23-1 Uhr	1	0,992 (0,966-1,018)	1,046 (1,006-1,086)
3-5 Uhr	1	0,987 (0,939-1,037)	1,202 (1,117-1,293)

Fettdruck: Unterschiede signifikant

Generell nahmen die Verordnungen mit steigendem Alter zu; insbesondere Schlaf- und Beruhigungsmittel wurden Frauen sehr viel häufiger verschrieben als Männern. Auf Stadtteilebene zeigten sich signifikante Zusammenhänge zwischen der Medikamentenverordnung und dem Anteil an Personen, die von Sozialhilfe lebten, deswegen wurde für die weiteren Berechnungen der Sozialhilfe-Index im Stadtteil als möglicher Confounder berücksichtigt.

Bei der Berechnung der Odds-Ratios (adjustiert für Straßen- und Schienenlärm am Tage, Alter, Sozialhilfe- und Altenheimplatzdichte im Wohnumfeld) zeigten sich Assoziationen zwischen Fluglärmbelastung und **Bluthochdruckmitteln**, die bei Frauen für alle Tageszeiten signifikant waren. Bei Männern hingegen waren die Assoziationen geringer und eher bei nächtlicher Belastung und bei höheren Lärmbelastungen über 47-62 dB(A) signifikant. Die Odds-Ratios für die Verordnung von **Herz-Kreislaufmitteln** wiesen ebenfalls bei Frauen höhere Assoziationen auf als bei Männern, waren bei Frauen (mit Ausnahme der höchstbelasteten Gruppe am Tage) zu allen Tageszeiten signifikant. Bei den Männern hingegen war keine Risikoerhöhung für einen Bedarf an Herz-Kreislauf-Medikamenten bei Fluglärmbelastung am Tage erkennbar, wohl aber eine geringe, signifikante Risikoerhöhung bei Fluglärmbelastung 40-46 dB(A) in der Nacht (nicht bei höherer Fluglärmbelastung) und insbesondere bei einer Fluglärmbelastung in der Nacht von 3-5 Uhr.

Die Verordnungshäufigkeit von **Beruhigungs- und Schlafmitteln sowie Mitteln** an Frauen zeigte durchweg signifikante Assoziationen zur Fluglärmbelastung, bei Männern waren die Assoziationen geringer und teilweise bei höherer Fluglärmbelastung signifikant negativ (d.h. weniger Verordnungen bei höheren Fluglärmbelastungen) (Tab. 10). Die engsten Assoziationen fanden sich bei nächtlicher Lärmbelastung, wobei darauf hinzuweisen ist, dass der Flughafen Köln-Bonn sich durch einen erheblichen Nachtflugverkehr auszeichnet, mit mehr Starts pro Stunde im Zeitfenster 3-5 Uhr als am Tage.

Die Verordnungshäufigkeit von **Mitteln gegen Depressionen** wies bei den Männern zu keiner Tageszeit eine Assoziation zur Fluglärmbelastung auf, bei den Frauen waren die Assoziationen zur nächtlichen Fluglärmbelastung in der Belastungsgruppe 40-46 dB(A) signifikant, sowie in der Belastungsgruppe ab 7 dB(A) am Tage und zwischen 23-1 Uhr.

Insgesamt fanden Greiser et al. (2006) bei Männern in der Regel geringe und nicht signifikante Assoziationen zwischen Fluglärmbelastung am Tage und Medikamentenverordnungen. Bei den Frauen waren Verordnungen von Bluthochdruckmitteln sowie von Beruhigungs- und Schlafmitteln und Mitteln gegen Depressionen signifikant mit dem Fluglärm am Tage assoziiert, sowie die Verordnungshäufigkeit von Herz-Kreislauf-Mitteln in der Belastungsgruppe von 40-46 dB(A), nicht aber in der Fluglärmbelastungsgruppe ab 47 dB(A).

Die Autoren betonen (Greiser et al. 2006): „Die Ergebnisse dieser Studie erlauben nicht die Feststellung eines Kausalzusammenhanges zwischen Fluglärm und Arzneiverordnungen, da wesentliche Faktoren, die zur Krankheitsentstehung und damit zu Arzneiverordnungen führen können, nicht berücksichtigt werden konnten“.

Allgemeiner Gesundheitszustand

Einige Untersucher haben auch die Frage eines Zusammenhangs zwischen Fluglärm und dem allgemeinen Gesundheitszustand der Flughafen-Anwohner untersucht. Während Zusammenhänge zu Herz-Kreislauf-Erkrankungen oft im Rahmen körperlicher und apparativer Untersuchungen direkt gemessen wurden, liegen entsprechende apparative Untersuchungen im Hinblick auf andere Krankheitsbilder nicht vor. Als weiterer Indikator für den Gesundheitszustand einer Bevölkerung wurde wiederholt die Verschreibung, der Konsum oder der Verkauf von Arzneimitteln herangezogen.

Nachfolgend wird über Studien berichtet, in welchen die Menschen selbst nach ihrem Gesundheitszustand befragt wurden. Die Fragen richten sich nach dem Befinden der Betroffenen und von Kontrollpersonen im letzten Jahr oder generell, alternativ wird auch danach gefragt, ob bestimmte Diagnosen durch Ärzte gestellt wurden.

Befragungen im Umfeld des Flughafens Schiphol, Amsterdam, aus den 1990er Jahren zeigten, dass die Menschen bei höheren Fluglärmbelastungen > 60 dB(A) ihren Gesundheitszustand signifikant schlechter einstufen als bei niedrigeren Fluglärmbelastungen und bei Zunahme des Fluglärms am Tage um 10 dB(A) die Betroffenen signifikant häufiger über verschiedene Beschwerden wie z.B. Kurzatmigkeit, Müdigkeit, Lust-, Teilnahmslosigkeit etc. klagen (Tab. 11).

Tab. 11 Fluglärm und allgemeiner Gesundheitszustand bzw. einzelne Symptome (Odds-Ratios)

Fluglärm dB(A)	46-50	51-55	56-60	61-65
Amsterdam (n=11812) <i>Franssen 2004</i>				
Gesundheitszustand schlecht	1	1,09 (0,97-1,23)	1,01 (0,82-1,25)	1,30 (0,79-2,12)
Gesundh.zust. schlecht Score	1	1,07 (0,95-1,21)	1,13 (0,92-1,40)	1,61 (1,01-2,56)
Amsterdam (n=11812) <i>Franssen 2004</i>		Sign. Bei Zunahme um 10 dB(A) Tag		
Einzelne Gesundheitsfragen	1		1,21 (1,02-1,43)	
Kurzatmigkeit*	1		1,29 (1,09-1,53)	
Müdigkeit*	1		1,34 (1,17-1,53)	
Lust- Teilnahmslosigkeit*	1		1,17 (1,01-1,36)	
schnelle Ermüdung*	1		1,47 (1,26-1,70)	
keine vollständige Erholung bis zum Morgen*	1		1,20 (1,03-1,41)	

Tab. 12 Fluglärmstudie Okinawa – Erwachsene – Allgemeiner Gesundheitszustand (Fragebogen) – angegeben sind die signifikanten partiellen Regressionen (Matsui et al. 2000)

Skala	Kadena (70->95 WECPNL)			Futenma (70->80 WECPNL)		
	Fluglärm	Alter	Geschlecht	Fluglärm	Alter	Geschlecht
Allgemeine Beschwerden	***	**				
Atemwege	***	*	***		*	*
Augen und Haut				*	**	*
Mund und Anus		***			**	
Verdauung	***	***	***		***	**
Reizbarkeit		**	***			
Lügenskala (lie scale)		***	**		***	*
„Geistige Instabilität“	**		***			***
Depression		**				
Aggression	*	**	***		**	***
Nervosität	***	***	**	**	**	
Unregelmäßigkeit im Leben		***	*		***	

*** p<0,001; ** p<0,01; *p<0,05

Bei einer **Befragung von über 6000 Anwohnern der Flughäfen Kadena und Futenma in Okinawa, Japan**, in den 1990er Jahren wurden aus den insgesamt 130 Fragen sog. Scores gebildet und ausgewertet. Im Umfeld beider Flughäfen ergaben sich teilweise signifikante Zusammenhänge zwischen Fluglärmbelastung und Haut- und Augensymptomen sowie Nervosität, im Umfeld des deutlich lautereren Flughafens Kadena auch Zusammenhänge mit Atemwegs- und Magen-Darmerkrankungen sowie allgemeinen Beschwerden (Matsui et al. 2000) (Tab. 12). Generell waren die Assoziationen zu Alter und Geschlecht (weiblich) höher.

In der Machbarkeitsstudie zu **gesundheitlichen Auswirkungen der Fluglärmbelastung im Umfeld des Pariser Flughafens Roissy** litten die Fluglärmbelasteten nach eigenen Angaben häufiger unter Bauchkrämpfen, Schweißanfällen und ausgeprägter Müdigkeit – nicht aber Schlafstörungen; allerdings sind keine genauen Erhebungsmethoden und Ergebnisse publiziert. Krankheitsbedingte Fehlzeiten und ärztliche Krankschreibungen waren in der fluglärmbelasteten Zone häufiger (25 vs. 19% und 27 vs. 17%) (Vallet et al. 1999).

In der großen **Belästigungsstudie im Umfeld des Frankfurter Flughafens** wurden die 2312 Teilnehmer nicht nur nach der Belästigung durch Fluglärm, sondern auch nach ihrer gesundheitsbezogenen Lebensqualität und nach gesundheitlichen Beschwerden - mit dem sog. Giessener Beschwerdebogen, der 24 Items abfragt - befragt (Schreckenberg und Meis 2006). Insgesamt waren die gesundheitsbezogene Lebensqualität und der Beschwerdedruck nicht schlechter als in Normstichproben. Die höchste Beschwerderate wurde bei Menschen mit einer Fluglärmbelastung von 50-55 dB(A) gefunden, bei höheren und niedrigeren Fluglärmbelastungen waren geringere Beschwerderaten zu verzeichnen. Insgesamt ergaben sich keine Zusammenhänge zwischen der Fluglärmbelastung, dem Gesamtbeschwerdedruck oder den Beschwerdeskalen für Erschöpfung, Magenbeschwerden, Gliederschmerzen und Herzbeschwerden. Alle diese waren jedoch hochsignifikant mit der angegebenen Belästigung durch den Fluglärm assoziiert.

Tab. 13 Fluglärmstudie Frankfurt – Erwachsene – Gesundheitsbeschwerden in Abhängigkeit von der Fluglärmbelastung und der Fluglärmbelastung – Korrelationen (Schreckenberg und Meis 2006)

Beschwerdeskalen (Teilnehmer 2254)	Fluglärm- belästigung	Fluglärmbelastung L _{eq3} 6-22 h (RV)	Fluglärmbelastung L _{eq3} 22-6 h (RV)
Erschöpfung	0,247***	0,027	-0,027
Magenbeschwerden	0,125***	0,000	-0,048
Gliederschmerzen	0,155***	-0,007	-0,026
Herzbeschwerden	0,180***	0,014	-0,018
Gesamtbeschwerden	0,212***	0,006	-0,036

*** sign p<0,001

Derzeit werden weitere, im Rahmen der Belästigungsstudie im Umfeld des Frankfurter Flughafens (Schreckenberg und Meis 2006) erhobene Fragen zur Gesundheit, insbesondere auch zu Herz-Kreislauf-Erkrankungen sowie Medikamenteneinnahme einer weiteren, detaillierten Auswertung unterzogen. Auch hier sollen nicht nur Zusammenhänge zwischen Fluglärmbelastung, sondern auch zwischen der Fluglärmbelästigung sowie Lärmempfindlichkeit und möglichen gesundheitlichen Auswirkungen untersucht werden.

Zusammenfassung: Fluglärm und allgemeine Gesundheit incl. Medikamentenverbrauch

Zusammenfassend zeigten die verschiedenen Studien, die die Auswirkung von Fluglärm auf die Medikamentenverordnung, den Medikamentenverkauf bzw. die Medikamenteneinnahme untersucht haben, positive und oft signifikante Assoziationen zwischen der Fluglärmbelastung und der Verschreibung / dem Verkauf von **Bluthochdruck- sowie Herzkreislauf-Mitteln** (Knipschild 1977a, Knipschild 1977c, Franssen et al. 2004; Bluhm et al. 2004; Greiser et al. 2006). Diese Assoziationen waren – soweit angegeben - bei Frauen stärker als bei Männern (Knipschild et al. 1977a; Greiser et al. 2006) und für nächtliche Fluglärmbelastung höher als für Fluglärmbelastung am Tage (Greiser et al. 2006). Die Verordnung von Bluthochdruckmitteln bzw. Herzkreislaufmitteln waren enger mit dem Fluglärm assoziiert als die anderer Medikamentengruppen (Knipschild et al. 1977c, Greiser et al. 2006).

Demgegenüber sind die Ergebnisse zu **Schlaf- und Beruhigungsmitteln** zwischen den verschiedenen Studien nicht konsistent. Knipschild et al. (1977c) fanden in fluglärmbelasteten Regionen einen höheren pro-Kopf-Verkauf an Schlafmitteln als in nicht-fluglärmbelasteten Regionen (allerdings unterschiedliche Altersstrukturen); nach Verminderung des Nachtfluglärms ging der Verkauf an Schlafmitteln wieder etwas zurück, was auf eine Kausalität hindeuten könnte. Greiser et al. (2006) fanden positive, oft signifikante Assoziationen zwischen nächtlicher Fluglärmbelastung und der Verschreibung von Schlaf- und Beruhigungsmitteln, insbesondere bei Frauen (weniger ausgeprägt bei Männern), die Assoziationen zwischen Fluglärm am Tage und der Verordnung an Schlaf- und Beruhigungsmitteln waren demgegenüber gering und nur bei Frauen signifikant (Greiser et al. 2006). Franssen et al. (2004) hatten ebenfalls Assoziationen zwischen Fluglärm und Schlaf- und Beruhigungsmitteln gefunden, wobei keine signifikanten Assoziationen zwischen Fluglärm und verschriebenen Schlaf- und Beruhigungsmitteln, aber signifikante Assoziationen zwischen der Fluglärmbelastung und den nicht-verschriebenen Mitteln gefunden wurden. Schreckenberg und Meis (2006) sahen keine Assoziationen zwischen dem selbst angegebenen Schlafmittelkonsum und der Fluglärmbelastung (unabhängig von der Tageszeit), aber sie fanden signifikante Assoziationen zwischen dem Schlafmittelkonsum und der erlebten Belästigung durch Fluglärm.

Zum Einfluß einer Fluglärmbelastung auf den **allgemeinen Gesundheitszustand** liegen weniger Studien vor, mit nicht konsistenten Ergebnissen. So waren im Umfeld des Amsterdamer Flughafens signifikante Assoziationen zwischen Fluglärmbelastung und verschiedenen Gesundheitsbeschwerden gefunden worden. Im Umfeld von Militär-Flughäfen in Japan waren in einem Fall mit sehr hoher Fluglärmbelastung verschiedene signifikante Assoziationen gefunden worden, im Umfeld eines zweiten Militärflughafens mit etwas geringeren Maximalpegeln waren die Assoziationen geringer. Im Rahmen der großen Belästigungsstudie im Umfeld des Frankfurter Flughafens wurden schließlich signifikante Assoziationen zwischen verschiedenen Beschwerden und der Fluglärmbelästigung, nicht aber mit der Fluglärmbelastung gesehen. Vor diesem Hintergrund werden derzeit die konkreten Fragen zur Gesundheit, die im Rahmen der Belästigungsstudie im Umfeld des Frankfurter Flughafens zwar gestellt, aber noch nicht eingehender ausgewertet sind, einer detaillierten umweltepidemiologischen Aus- und Bewertung unterzogen.

4. Auswirkungen auf Schlaf und Erholung

Im Gegensatz zu anderen Umweltfaktoren (wie z.B. Luftschadstoffe oder elektromagnetische Felder) wird Lärm durch ein spezifisches System (Gehör) wahrgenommen. Schall wird also von Jedermann wahrgenommen und bewertet. Deswegen zählt die Exposition gegenüber Lärm zu den häufigsten Klagen der Bevölkerung in großen Städten. Die meisten Klagen betreffen Straßenverkehrslärm, gefolgt von Nachbarschaftslärm und Fluglärm. In größeren Untersuchungen konnte gezeigt werden, dass die Klagen über Lärm mit der Größe der Städte zunehmen und dass die Exposition gegenüber Lärm in umgekehrter Beziehung zum Familieneinkommen steht, d.h. Menschen mit niedrigerem Einkommen sind am meisten Lärm exponiert.

Schallereignisse können nicht anhand ihrer physikalischen Eigenschaften als Lärm klassifiziert werden. Lärm ist allgemein als unerwünschter Schall bewertet (Lärm ist bewerteter Schall). Nach einer anderen Definition ist Lärm ein akustisches Phänomen, das bei Menschen unerwünschte Reaktionen hervorruft oder hervorrufen kann. Das können physiologische (körperliche) und psychologische Reaktionen sein (Belästigung und Gesundheitsbeeinträchtigung).

Schlafphysiologie:

Menschen brauchen zur Erholung Schlaf. Im Verlaufe einer Nacht treten üblicherweise 4 bis 6 Schlafzyklen von 90 bis 110 min Dauer auf. Die Menschen durchlaufen in jeder Nacht mehrfach leichtere Schlafstadien (Stufen 1 und 2) bis hin zu tieferen Schlafstadien (Stufen 3 und 4). Die Tiefschlafphasen 3 und 4 sind durch langsamere Hirnaktivität und langsame Wellen im EEG zu erkennen und werden deswegen auch SWS Schlaf (slow wave sleep) genannt. Aus dem Tiefschlaf gelangt der Mensch in den Traumschlaf, der durch rasche Augenbewegungen unter geschlossenen Lidern gekennzeichnet ist (rapid eye movements REM-Schlaf).

Bei ungestörtem Schlaf schläft der Mensch ca. 2 Stunden SWS-Schlaf, drei Viertel davon in der ersten Nachthälfte. Demgegenüber liegen die ebenfalls durchschnittlich 2 Stunden dauernden REM-Schlafphasen in der Regel mehr in der zweiten Nachthälfte. SWS-Schlaf scheint für die Wiedergewinnung von Energie notwendig zu sein, während der REM-Schlaf eher mentale und Gedächtnisprozesse fördert. Der SWS-Schlaf wird eher durch intermittierende Geräusche (wie Fluglärm), der REM Schlaf eher durch Dauergeräusche gestört (Passchier et al. 2002). Spontanes Aufwachen oder eine spontane Änderung der Schlafposition geschehen am häufigsten beim Übergang der Schlafstadien 3 und 4 in leichtere Schlafstadien. Änderungen der Schlafposition sind physiologisch notwendig, um Druckstellen während des Schlafens zu vermeiden.

Lärm und Schlafstörungen:

Schlaf ist sehr empfindlich stöbar durch Umwelteinflüsse wie z.B. Lärm, die zur Unterbrechung oder zur Verkürzung der Schlafperioden führen können. Zu den extraauralen Lärmwirkungen gehören auch Störungen des Schlafs. Die Wirkungen des Lärms auf den Schlaf werden in Sofort- und Sekundärwirkungen unterteilt.

Störung des Schlafs:

Sofortwirkungen:

- Aufwachreaktionen, Anzahl und Dauer

Dies kann untersucht werden, indem man eine Versuchsperson bittet, einen Knopf zu drücken, wenn sie aufgewacht ist. Das Aufwachen ist sehr stark von dem „Inhalt“ des Schalls abhängig; so wacht man beispielsweise bereits bei sehr leiser Nennung seines Namens auf und bei Alarm-Signalen als bei neutralen akustischen Signalen.

- Anzahl der Änderungen sowie Modifikationen der Schlafstadien

Die normale Sequenz der Schlafstadien kann bei Schallereignissen mit Maximalpegeln von 45 bis 55 dB(A) beeinflusst werden.

- Modifikationen der autonomen Körperfunktionen

(Puls, Blutdruck, Gefäßkonstriktion und Atemrate)

Diese können bereits bei niedrigeren Lärmpegeln beobachtet werden und zeigen an, dass der Schlafende auch dann externe Stimuli wahrnimmt, wenn er sich nicht daran erinnern kann. Diese autonomen Reaktionen (Reflex-Reaktionen) bleiben auch nach längerer Exposition erhalten und lassen offenbar keine Gewöhnung erkennen.

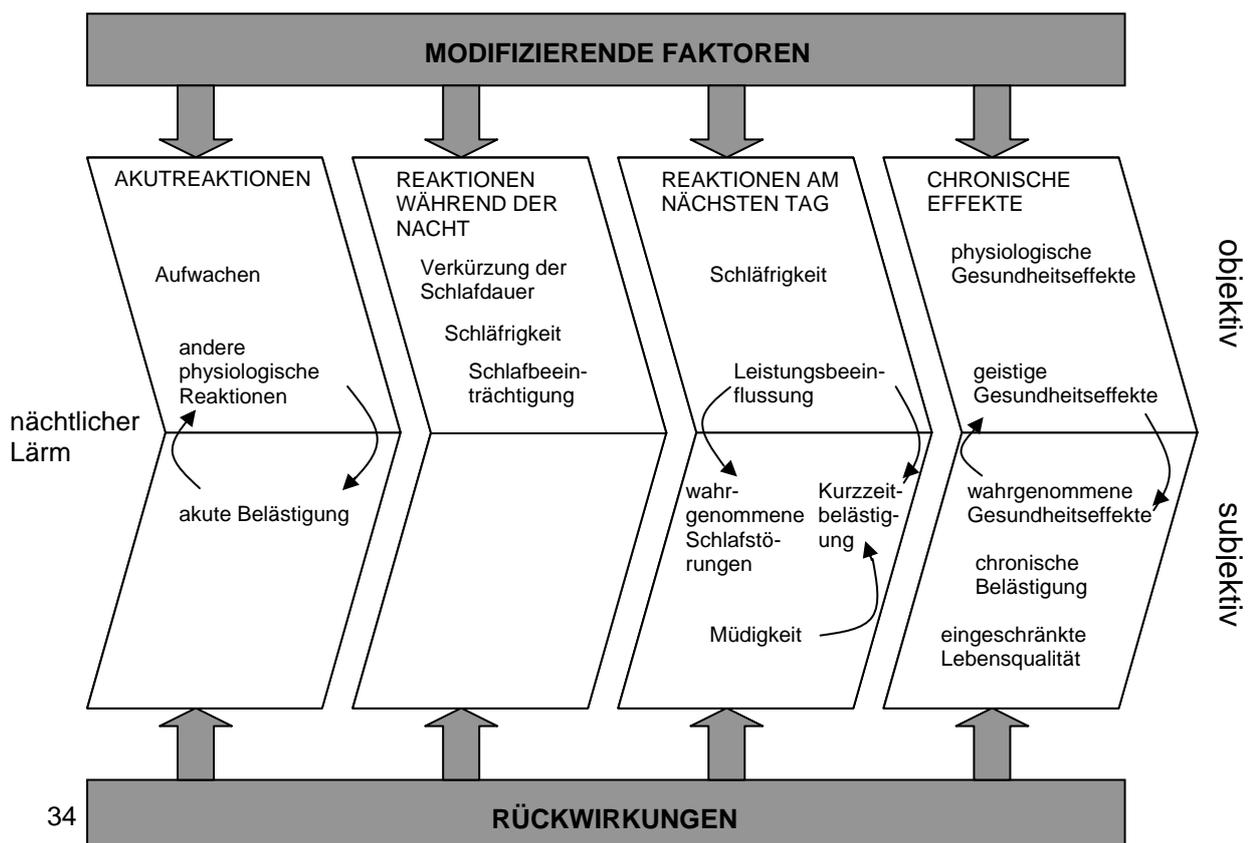
- Verkürzung der Schlafperiode, d.h. verzögertes Einschlafen und vorzeitiges Erwachen.

So können intermittierende Schallereignisse mit Maximalpegeln über 45 dB(A) die Einschlafzeit um bis zu 20 min verzögern. Andererseits kann es nach einer Schlafenszeit von 5 Stunden leichter zu Aufwachreaktionen kommen und zu schlechterem Wieder-Einschlafen.

Sekundärwirkungen:

- Schlechte Schlafqualität, fehlende Erholung, Müdigkeit am Tage, verminderte Lebensqualität
- Manifeste Schlafstörungen, therapiebedürftig (Medikamente)
- Verminderte kognitive Leistungsfähigkeit am darauf folgenden Tag, verminderte allgemeine Leistungsfähigkeit

Abb. 3 Mögliche Auswirkungen von nächtlichem Lärm (Porter et al. 2000)



Methoden zur Untersuchung von Schlafstörungen durch Lärm

Zur Erfassung und Bewertung von durch Lärm gestörtem Nachtschlaf können sehr verschiedene Methoden eingesetzt werden, jede hat ihre spezifischen Möglichkeiten und Grenzen:

1. Fragebogen-Umfragen zu Schlafstörungen, Schlafqualität, Aufwachreaktionen
2. Umfragen zur Einnahme von ärztlich verordneten und/oder frei verkäuflichen Medikamenten
3. Erhebung des Verkaufs an Schlafmitteln bzw. des Verordnens an Schlafmitteln
4. Schlaftagebuch – mit oder ohne Zusammenhang mit experimentellen Schlafstudien
5. (Kognitive) Leistungstests - mit oder ohne Zusammenhang mit experimentellen Schlafstudien
6. Stresshormone im Morgenurin – als Indikator für Stress (durch Lärm) in der Nacht
7. Aufwachreaktionen
 - a. Befragung (Schlaftagebuch)
 - b. Behavioural Drücken eines Knopfes
 - c. Aktometrie (Erfassung der Körperbewegungen mittels eines Aktometers, Gerät, das wie eine Uhr an der Hand getragen wird und Bewegungsimpulse aufzeichnet)
 - d. Teil der Polysomnographie (s.u.)
8. Lageänderungen/ Positionsänderung im Schlaf (Aktometrie)
9. Untersuchung der Schlafstadien Polysomnographie mit EEG (Hirnstromkurve), EMG (Augenmuskulbewegungen), EKG (Herzstromkurve), Aktometrie (Körperbewegungen und Lageänderungen)

Die Methoden 1 bis 3 können leicht in größeren Bevölkerungen angewandt werden, sie erfassen aber nur die den Betroffenen bewusst gewordenen Ereignisse und Situationen bzw. Schlafstörungen, die so manifest und störend wirken, dass die Betroffenen Medikamente einnehmen, seien sie ärztlich verordnet oder selbst gekauft. Die Methoden 4 bis 7c eignen sich für kleinere (Bevölkerungs)Studien. Während die Methoden 4 und 7 a, b nur Reaktionen erfassen, die den Betroffenen bewusst wurden, d.h. oberhalb der Aufwachschwelle, können mit den Methoden 5, 6 7 c, d und 8 auch Reaktionen auf Störungen durch Lärm bereits im Vorfeld des Bewusstwerdens untersucht werden. Die differenzierteste Methode ist zweifellos die Polysomnographie mit der gleichzeitigen Erfassung der Hirn-, Herz-, Augenmuskel- und der allgemeinen Bewegungsaktivität. Diese bleibt allerdings wegen ihres Aufwands nur sehr kleinen, speziellen Untersuchungen vorbehalten.

Die Methoden sind im Hinblick auf ihre Aussagekraft sehr unterschiedlich, wobei zusätzlich die Erfassung der Lärmbelastung – in neueren Studien auch der Lärmbelästigung - von größter Bedeutung ist. So erfassen die Umfragen bewusst gewordene und bewertete Effekte in größeren Bevölkerungen, die von den Betroffenen mit dem Fluglärm in Zusammenhang gebracht wurden. Die Expositionen werden in der Regel sog. Fluglärmkarten entnommen und – mehr oder weniger genau, d.h. individuell oder aggregiert – auf die Wohnadresse bezogen. Weitere Einflussfaktoren wie Lärm an der Arbeitsstelle, Lebensstile, soziodemographische Faktoren (außer Alter und Geschlecht) etc. können zumeist nicht oder allenfalls in aggregierter Form berücksichtigt werden.

Die Daten des Medikamentenverbrauchs (Apothekenabgabedaten und/oder Daten der Krankenkassen) weisen auf manifeste Störungen/Erkrankungen hin. Sie werden zumeist im Hinblick auf die aus den Fluglärmkarten abgelesene Fluglärmbelastung an der Wohnadresse aggregiert ausgewertet. Andere Faktoren, die zu Schlafstörungen führen, wie z.B. Sorgen oder Stress in Beruf oder Familie, Arbeitslosigkeit etc., können individuell nicht berücksichtigt werden. D.h. in diesen Studien wird implizit

angenommen, dass die Einnahme von Schlafmitteln mit der durch die Wohnadresse geschätzten Fluglärmbelastung „beeinflusst oder verursacht“ wird.

Die Untersuchungen mit Schlaftagebuch in Kombination mit Aktometern etc. können, insbesondere wenn gleichzeitig individuelle Messungen des nächtlichen Fluglärms (in Abgrenzung anderer Lärmquellen) optimal im Schlafraum und nicht nur außen vor dem Fenster durchgeführt werden, belastbarere Daten zu Zusammenhängen zwischen Fluglärmereignissen und Effekten (Aufwachreaktionen, Lageänderungen, Bewegungsaktivität im Schlaf) liefern. Zu berücksichtigen ist dabei, dass viele Aufwachreaktionen andere Ursachen als Fluglärm haben und dass eine Änderung in der Schlafposition, die physiologischerweise notwendig ist und Druckstellen vorbeugt, nicht automatisch negativ oder unerwünscht zu werten ist.

Die differenzierteste Untersuchungsmethode ist zweifellos die Polysomnographie, die i.d.R. mit detaillierten Lärmmessungen im Schlafraum verbunden ist, sodass hier zeitliche Zusammenhänge zwischen Lärmereignissen und Änderungen der Schlaftiefe gut erfasst werden können. Nachteil dieser Untersuchungen ist nicht nur der hohe Aufwand und Preis, weshalb der Einsatz dieser Methode immer nur auf relativ wenige (ausgewählte) Probanden beschränkt ist, sondern auch die notwendige Veränderung der Schlafsituation. D.h. die Übertragbarkeit der in diesen Laboruntersuchungen erhaltenen Befunde auf die Normalsituation zu Hause ist nicht automatisch gegeben; dies zeigen bereits die mittels Polysomnographie durchgeführten Felduntersuchungen, deren Ergebnisse zwar nicht qualitativ, aber doch quantitativ durchaus von denen der Laboruntersuchungen abweichen.

Aus Daten der Polysomnographie kann nicht unmittelbar auf eine krankmachende Wirkung geschlossen werden; umgekehrt kann aus den manifesten Erkrankungen (Schlafstörungen) nicht unmittelbar auf den Auslöser, z.B. Fluglärm, geschlossen werden, da die Entstehung von Krankheiten meist verschiedene Ursachen hat (multifaktorielle Genese).

In Tab. 14 sind die unterschiedlichen Methoden zur Erfassung der Auswirkungen von (Flug)Lärm auf den Schlaf zusammengestellt. In der rechten Spalte sind die Studien aufgeführt, die im Folgenden hier besprochen werden sollen.

Tab. 14 Methoden zur Erfassung der Schlafqualität bzw. von Störungen des Schlafs in Labor- und epidemiologischen Feldstudien

Methode		Setting		Studien
Umfragen (fragebogengestützt)	Schlafqualität Aufwachreaktionen Schlafstörungen (Ein-/Durchschlafen)	Bevölkerung exponiert vs nicht exponiert	erfasst werden erlebte Wirkungen	Franssen et al., 2002 Franssen et al., 2004 DLR-Studien, Basner et al., 2004 Schreckenber und Meis, 2006 (Pittsburger Schlaf-Qualitäts-Index PSQI)
Umfragen / Erhebungen	Einnahme von Schlafmitteln (Verordnet/nicht verordnet)	Bevölkerung, Fragebogen; Daten der Apotheken; Daten der Krankenkassen	erfasst werden manifeste negative Wirkungen/Störungen	Knipschild, 1977: Bevölkerungsstudie Knipschild, 1977: Apothekenstudie Franssen et al., 2004: Bevölkerungsbefragung Greisser et al., 2006: Krankenkassendaten
Schlafstagebuch	Schlafqualität Aufwachreaktionen Schlafstörungen (Ein-/Durchschlafen)	Kleinere, experimentelle Studien	erfasst werden erlebte Wirkungen	
Schlafstagebuch/ Aufwacherfassung	Aufwachreaktionen mittels Knopfdruck	Kleinere, experimentelle Studien	Erfasst bewusste Aufwachreaktionen	Passchier-Vermeer, 2002
Urinuntersuchung	Stresshormone im Morgenerin	Kleinere, experimentelle Studien	Erfasst Lärmwirkungen bereits vor der Schwelle des Bewußtwerdens	Viele verschiedene Maschke et al., DLR-Studien Basner et al., 2004
Aktometer	Aufwachreaktionen und Lagewechsel; i.d.R. zus. Mit Schlafstagebuch	Kleinere, experimentelle Studien	Erfasst Lärmwirkungen vor der Schwelle des Bewußtwerdens	Ollerhead et al., 1992 Fidell et al., 1995, a, b; 2000 Passchier-Vermeer, 2002
Polysomnographie	Hirnaktivität (EEG), Augenmuskelaktivität (EMG), Herzaktivität (EKG), Bewegungsaktivität (Aktometrie)	Kleinere, experimentelle Studien	Erfasst sehr differenziert Schlafstadien und deren Wechsel, vor der Schwelle des Bewußtwerdens	DLR-Studien Basner et al. 2004, 2006
Leistungstests	Kognitive Tests nach „Testnächten“	Kleinere, experimentelle Studien	Sekundärwirkung nach Schlaf(störungen)	DLR-Studien Basner et al., 2004

Bevölkerungsstudien - Befragungen zu Schlafstörungen

Verschiedene Umfragen im Umfeld von Flughäfen hatten auch die Erfassung von Schlafstörungen zum Ziel. Franssen et al. (2004) hatten 1996/7 insgesamt 11812 Anwohner im Umfeld des Amsterdamer Flughafens befragt: ein Viertel der Teilnehmer klagte über Müdigkeit, Lustlosigkeit, Teilnahmslosigkeit und fehlende Erholung durch den Schlaf, seltener wurden Magenbeschwerden, Schwindel und Herzbeschwerden genannt. Insgesamt 10 % der Teilnehmer nahmen verschriebene und weitere 5 % nicht verschriebene Schlaf- und Beruhigungsmittel ein (Tab. 15).

Bei der Frage nach Schlafstörungen (10-Fragen-Skala) gaben unter Berücksichtigung möglicher Verzerrung durch Nicht-Antworten 8-12 % der erwachsenen Bevölkerung im Umfeld von Schiphol (25 km) Schlafstörungen an (Franssen et al. 2002). Die meisten dieser Teilnehmer lebten außerhalb der durch Fluglärmenschutzmaßnahmen regulierten Bereiche (Lärmpegel ≤ 26 dB(A) im Schlafrum). In dem Bereich mit ≥ 26 dB(A) im Schlafrum berichteten 33-39 % der Bevölkerung über schwere Schlafstörungen. In diesem Bereich gaben 17-19 % der Menschen an, mindestens vier Schlafprobleme zu haben, außerhalb dieser Bereiche waren es 14-15 %. Die Dosis-Wirkungsbeziehung war nicht linear, sondern durch eine Reihe verschiedener Co-Faktoren beeinflusst wie Lärmempfindlichkeit, Angst vor Flugzeugabstürzen, Fluglärmbelastung bei der Arbeit, Alter, Geschlecht und Bildung. Die auf den Fluglärm zurückzuführende Einschränkung der Schlafqualität (mindestens ein Schlafproblem) wurde im Bereich von ≥ 20 KU mit 1,4-3,9 %, im Bereich ≥ 35 KU mit 3,8-6,1 % angegeben.

Im Rahmen der großen Belästigungsstudie im Umfeld des Flughafens Frankfurt (Schreckenbergs und Meis 2006) wurde auch die subjektive Schlafqualität erhoben. Eingesetzt wurde der international bekannte Pittsburger Schlaf-Qualitäts-Index mit insgesamt 7 Skalen mit jeweils mehreren Fragen pro Skala. Erfasst werden damit die Einschätzung der Schlafqualität, die gewöhnlichen Schlafzeiten, Einschlafzeit, Schlafdauer, die Einnahme von Schlafmitteln sowie die Tagesmüdigkeit. Die Teilnehmer im Umfeld des Flughafens hatten keine schlechteren Scores für die Schlafqualität als die Teilnehmer einer repräsentativen Stichprobe in Österreich; im Gegenteil: sie waren seltener „schlafgestört“ als die österreichische Vergleichsgruppe (23% vs. 32%). Eindeutige Pegelabhängigkeiten ergaben sich nicht; am meisten gestört waren die Menschen mit einer Fluglärmbelastung von 50-55 dB(A) $L_{eq3\text{ nacht}}$, nicht die Menschen mit höheren oder niedrigeren Belastungen.

Auch im Rahmen der DLR-Studien – aufwändige messtechnik-gestützte Labor- und Felduntersuchungen zur Schlafqualität - im Umfeld des Flughafens Köln-Bonn (Basner et al., 2004) wurden keine klaren Dosis-Wirkungsbeziehungen zwischen der Fluglärmbelastung und der angegebenen subjektiven Schlafqualität erhalten. Die subjektiv angegebene Belastung wiederum war nicht mit den objektiv erhobenen Ergebnissen (EEG, Veränderungen, Änderungen der Schlafiefe, Einschlafzeit, Schlafdauer etc.) assoziiert.

Einnahme von Schlaf- und Beruhigungsmitteln als Indikator für Schlafstörungen

Bereits in den ersten Untersuchungen im Umfeld des Flughafens Schiphol in den 1970er Jahren wurde auch der Frage von Schlafstörungen nachgegangen (Knipschild 1977). In dem Praxis-Survey, d.h. bei der Befragung von praktischen Ärzten, die eine Bevölkerung von ca. 17500 nicht oder wenig (B<20) und 12000 stark (B>35) Fluglärmbelasteten versorgten, nahmen die Fluglärmbelasteten signifikant häufiger Schlaf und Beruhigungsmittel ein 12-14% resp. 17-22% im Vergleich mit den nicht oder wenig durch Fluglärmbelasteten (9 % resp. 10-11 %).

In der „Apothekenstudie“ (Knipschild 1977c) wurde der Arzneimittelverkauf zwischen 1967 und 1974 in zwei unterschiedlich fluglärmbelasteten Gebieten im Umfeld des Flughafens Schiphol untersucht (konstant nicht durch Fluglärm belastet B<20 vs. ab 1969 stark fluglärmbelastet und insbesondere bis 1972 auch stark durch Nachtfluglärm belastet, B> 35). In der nicht fluglärmbelasteten Region blieb der Verkauf an Schlaf- und Beruhigungsmitteln zwischen 1968 und 1974 relativ konstant, während er in der fluglärmbelasteten Region ab 1969 deutlich zunahm, nach Reduzierung der Nachtfluglärmbelastung ab 1972 wieder abnahm. Dies konnte als deutliches Indiz für einen kausalen Zusammenhang zwischen Fluglärmbelastung und Schlaf- und Beruhigungsmittelverbrauch wegen fluglärmbedingter Schlafstörungen gewertet werden.

Tab. 15 Fluglärmstudien – Erwachsene – Schlafstörungen - Übersicht Medikamentenverbrauch / Einnahme / Verordnung (Odds-Ratios)

dB(A)	< 40	40-<46	46-50	51-55	56-60	> 60
Amsterdam (Apotheken) <i>Knipschild et al. 1977</i> Schlafmittel mw Beruhigungsmittel mw				1 1		5. Jahr vs. 1. Jahr* Ca. 1,5 Ca. 1,6
Amsterdam <i>Franssen et al. 2004</i> Schlaf/Beruhigungsmittel mw verschrieben nicht verschrieben			1 1	1,15 1,59	1,13 1,89	1,52 2,02
Köln-Bonn <i>Greiser et al. 2006</i> Beruhigungs/Schlafmittel Männer 6-22 Uhr 22-6 Uhr 23-1 Uhr 3-5 Uhr Frauen 6-22 Uhr 22-6 Uhr 23-1 Uhr 3-5 Uhr	1 1 1 1 1 1 1 1	1,027 1,204 0,959 1,063 1,144 1,264 1,102 1,287			<u>0,783</u> <u>0,883</u> 1,015 0,956 1,168 1,115 1,311 1,353	

Fett: Odds-Ratio signifikant erhöht; unterstrichen: Odds-Ratio signifikant erniedrigt

Feldstudien zum Einfluß des Fluglärms auf Schlafdauer, Ein- und Durchschlafstörungen, Aufwachreaktionen und vermehrte Körperbewegungen im Schlaf

Bei einer weiteren Bevölkerungsstudie im Umfeld von Schiphol wurden 31.000 Anwohner im Jahre 1996/97 mittels eines postversandten Fragebogens zu ihrem Gesundheitszustand, Beschwerden und Symptomen, aber auch zur Einnahme von Medikamenten befragt (Franssen et al., 2004). Insgesamt 11812 Menschen nahmen teil. Im Vergleich mit nicht fluglärmbelasteten Teilnehmern (< 50 dB(A)), stieg die Einnahme von Beruhigungs- und Schlafmitteln mit zunehmender Fluglärmbelastung kontinuierlich an; die Unterschiede waren insbesondere bei den nicht verschriebenen Schlaf- und Beruhigungsmitteln bei Fluglärmbelastungen zwischen 50 und 60 dB(A) signifikant, nicht bei höherer Fluglärmbelastung. Darüber hinaus war die höhere Einnahme nicht verschriebener Schlaf- und Beruhigungsmittel nur mit dem Fluglärm am Tage und in den späten Abendstunden (22-23 h), nicht aber mit dem nächtlichen Fluglärm (23-07 h) signifikant assoziiert.

Demgegenüber stellten Greisser et al. (2006) bei der Analyse der Krankenkassendaten von über 800.000 Versicherten im Umfeld des Flughafens Köln/Bonn engere Assoziationen zwischen der nächtlichen Fluglärmbelastung und der Verschreibung von Schlaf- und Beruhigungsmitteln fest – allerdings nur bei Frauen, nicht bei Männern.

Feldstudien zu fluglärminduzierten Schlafstörungen

Michaud et al. fassen in einem aktuellen Übersichtsartikel Feldstudien zu Schlaf und Fluglärm zusammen, die zwischen 1990-2003 durchgeführt wurden (Review Michaud et al. 2007)

Untersucht wurde Fluglärm in Hinblick auf:

- 1. Störung des Einschlafens
- 2. Verkürzen der Schlafdauer
- 3. Verschlechterung der empfundenen Schlafqualität
- 4. Aufwachreaktionen
- 5. Erhöhung der Körperbewegungen während des Schlafs.

In diesem Review wurden Laboruntersuchungen praktisch nicht berücksichtigt, da nach Ansicht der Autoren diese Laboruntersuchungen nur bedingt auf die Realität zu Hause übertragen werden können.

Die Methoden der einzelnen Untersuchungen unterschieden sich: Aufwachreaktionen wurden entweder durch Knopfdrücken der Versuchsperson oder automatisch durch einen Aktometer (uhrähnliche Gerät am Handgelenk, das Körperbewegungen aufzeichnet) bestimmt. Nicht in allen Untersuchungen wurde der Lärm zusätzlich zu den Messungen vor dem Fenster auch im Schlafraum aufgezeichnet. Je nachdem, ob ein 5, 15 oder 30 sec-Bereich nach dem L_{max} des Fluggeräusches als fluglärmassoziiert betrachtet wird, können unterschiedliche Ergebnisse der Zuordnung fluglärmbedingt oder nicht-fluglärmbedingt erhalten werden. D.h. es muss von vornherein davon ausgegangen werden, dass – u.a. bedingt durch etwas unterschiedliche Methoden – die Ergebnisse verschiedener Studien nicht unbedingt übereinstimmen müssen.

Wesentliche Ergebnisse aus den verschiedenen Studien waren:

- Aufwachreaktionen sind relativ häufig und nur ein kleiner Teil (5-16%) ist durch Fluglärm bedingt.
- Aufwachreaktionen nehmen mit der Dauer des Schlafs, zum Morgen hin generell, zu.
- Aufwachreaktionen sind mit dem L_{max} einzelner Lärmereignisse positiv, mit der Höhe der Gesamt/Dauer-Lärmbelastung im Schlafzimmer negativ assoziiert (d.h.: je höher die Hintergrundbelastung im Schlafraum, desto stärkere Lärmereignisse sind notwendig für das Auslösen einer lärmbedingten Aufwachreaktion).
- Geringste Schwelle zur lärminduzierten Bewegungserhöhung bei 46-Jährigen, bei älteren und jüngeren Versuchspersonen treten Bewegungserhöhungen erst bei höherer Lärmbelastung auf.
- Untersuchungen vor und nach Schließung alter bzw. Eröffnung neuer Flughäfen brachten in dem Untersuchungszeitraum (ca. 1 Monat) keine konsistenten Ergebnisse.
- In unterschiedlichen Studien wurden unterschiedliche Schwellen für Aufwachreaktionen gefunden (ggf. methodenbedingt?).

Im Vergleich mit früheren, weitgehend in Schlaflabors durchgeführten Untersuchungen (Abb. 4 links), wurden in den vorliegenden Felduntersuchungen, d.h. Untersuchungen im eigenen Schlafzimmer, Aufwachreaktionen erst bei sehr viel höheren Lärmpegeln ausgelöst (Abb. 4 rechts).

Abb. 4 Fluglärmstudien – Erwachsene - Fluglärmbelastung und Aufwachreaktionen – Daten aus verschiedenen Untersuchungen (Michaud et al. 2007)

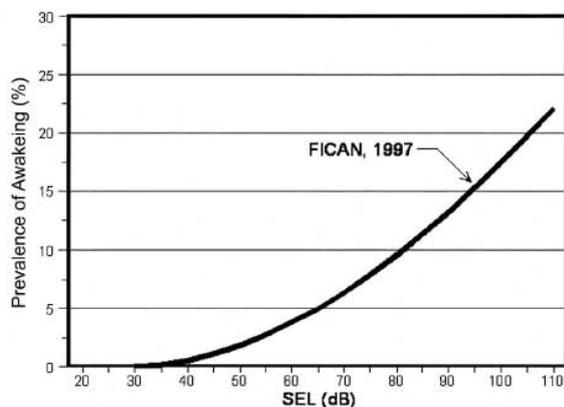


FIG. 1. Powell's analysis (FICAN, 1997) of upper limit of field observations of sleep disturbance as a function of indoor sound exposure levels.

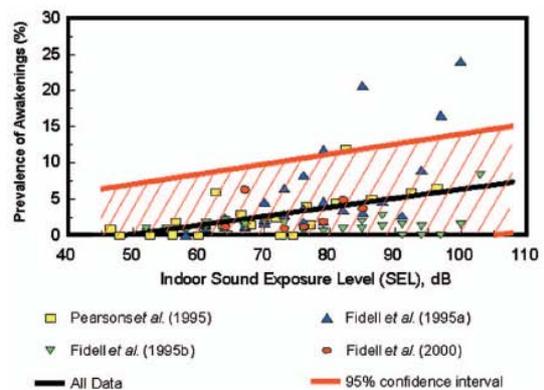


FIG. 2. ANSI S12.9-2000/Part 6 relationship between prevalence of awakening due to single aircraft noise intrusions and indoor sound exposure levels, with 95% confidence interval on prediction equation.

Tab. 16 Fluglärmstudien Erwachsene - Feldstudien zu fluglärm-induzierten Schlafstörungen (nach Michaud et al., 2007, Review)

Autor, Jahr Ort,	Testpersonen n / Nächte n	Methoden	Expositions-messung	Aufwach-reaktionen	Ergebnisse
Ollerhead 1992 Heathrow, Gatwick, Stansted und Manchester	400 Personen / je 15 Nächte = 5742 Nächte	Aktometrie Tagebuch	Fluglärm außen an der Wohnung	351/6457 (5,4%) fluglärmbedingt	< 80 dB(A) außen: Schlaf weitgehend unbeeinflusst; > 90 dB(A)max. außen Aufwachwahrscheinlichkeit 1/60 bis 1/100. Die Empfindlichkeit gegenüber Fluglärm in der ersten Nachthälfte geringer als in der zweiten. Lärmsensible: ein 2,5fach höheres Risiko, aufzuwachen als Nicht-Lärm-Sensitive.
Fidell 1995 Militärflughafen, Los Angeles, Kontrollregion	27 + 35 + 23 Personen, je 1 Monat= 1887 Nächte	BCA; Knopf drücken bei Aufwachen, Schlafstagebuch	Fluglärm außen an der Wohnung und 2x innen,	16 % fluglärmbedingt	Aufwachreaktionen pro 1 dB(A) Zunahme innen Aufwachwahrscheinlichkeit steigt um 0,17%. Bei Zunahme der allgemeinen Geräuschbelastung im Schlafzimmer um 1 dB(A) Abnahme der Aufwachwahrscheinlichkeit um 0,05%.
Fidell 2000 Denver Colorado (DIA) vor und nach Schließung; Stapleton Airport (DEN) vor und nach Eröffnung	77 Personen; je 1 Monat; 2717 Testnächte	Aktometrie, Aufwachreaktion (behaviour), Fragebogen	Fluglärm außen an der Wohnung und innen,		DIA vor und nach Eröffnung im Mittel 1,71 vs. 1,13 Aufwachreaktionen/Nacht, DEN vor und nach Schließung 1,8 vs. 1,64/Nacht, obwohl die Lärmbelastung von 58 auf 46 dB Leq abnahm. Innerhalb 30 Sec nach Fluglärmereignis: 17 % Aufwachreaktionen bei 65-69 dBLmax, 31% bei 70-74 dBLmax.
Fidell et al. 2000 Vor und nach Fluglärmsteigerung Atlanta Olympische Spiele	22 Personen, 686 Testnächte vor, während und nach Olympische Spiele	Aktometrie, Aufwachreaktion (behaviour), Fragebogen	Fluglärm außen an der Wohnung und innen, Vor Spiele: 61- 75 dB Lmax häufiger als während; während 76-80 dB Lmax häufiger als vor und nach		Aufwachreaktionen (Knopfdruck): 1,8/Nacht vor, 1,3/Nacht während und 1,0 /Nacht nach; Innenraum-Lärmzunahme von 10 dB führte zu 5 % mehr aktometrische Aufwachreaktionen, Außen-Lärmzunahme um 10 dB 1,3 % mehr Aufwachreaktionen (Knopfdruck)
Paschier-Vermeer, 2002 Schiphol, Amsterdam	418 Personen, je 11 Tage, 18- 81 J;	Morgen- u Abend Fragebogen zur Schlafqualität, er- innerte Aufwach- reaktionen u. Be- lästigung durch Fluglärm - Arm- bandAktometer			Bei geringem Innen-Geräuschpegel war die Wahrscheinlichkeit einer Bewegungsänderung höher, insbes. bei hohen Maximalpegeln des Fluglärms; Aufwachwahrscheinlichkeit nahm mit Schlafdauer zu; höchste fluglärminduzierte Mobilität bei den 46J alten Personen, geringere bei jüngeren und bei älteren...

<p>Basner et al. 2004 Köln-Bonn</p>		<p>Polysomnographie, Aufwachreaktion: EEG-und EMG- Aktivierungen > 15 sec</p>	<p>Fluglärm außen (mittl. 53-55 dB(A) und im Schlafrum (mittel 13-28 dB(A) darunter); Maximalpegel innen: 73,2 dB(A);</p>	<p>Erst ab > 35 dB(A); bei 72 dB(A) W'keit: 19%, Basiswert: 6%</p>	
---	--	--	---	---	--

Ergebnisse der Polysomnographie – Aufwachreaktionen

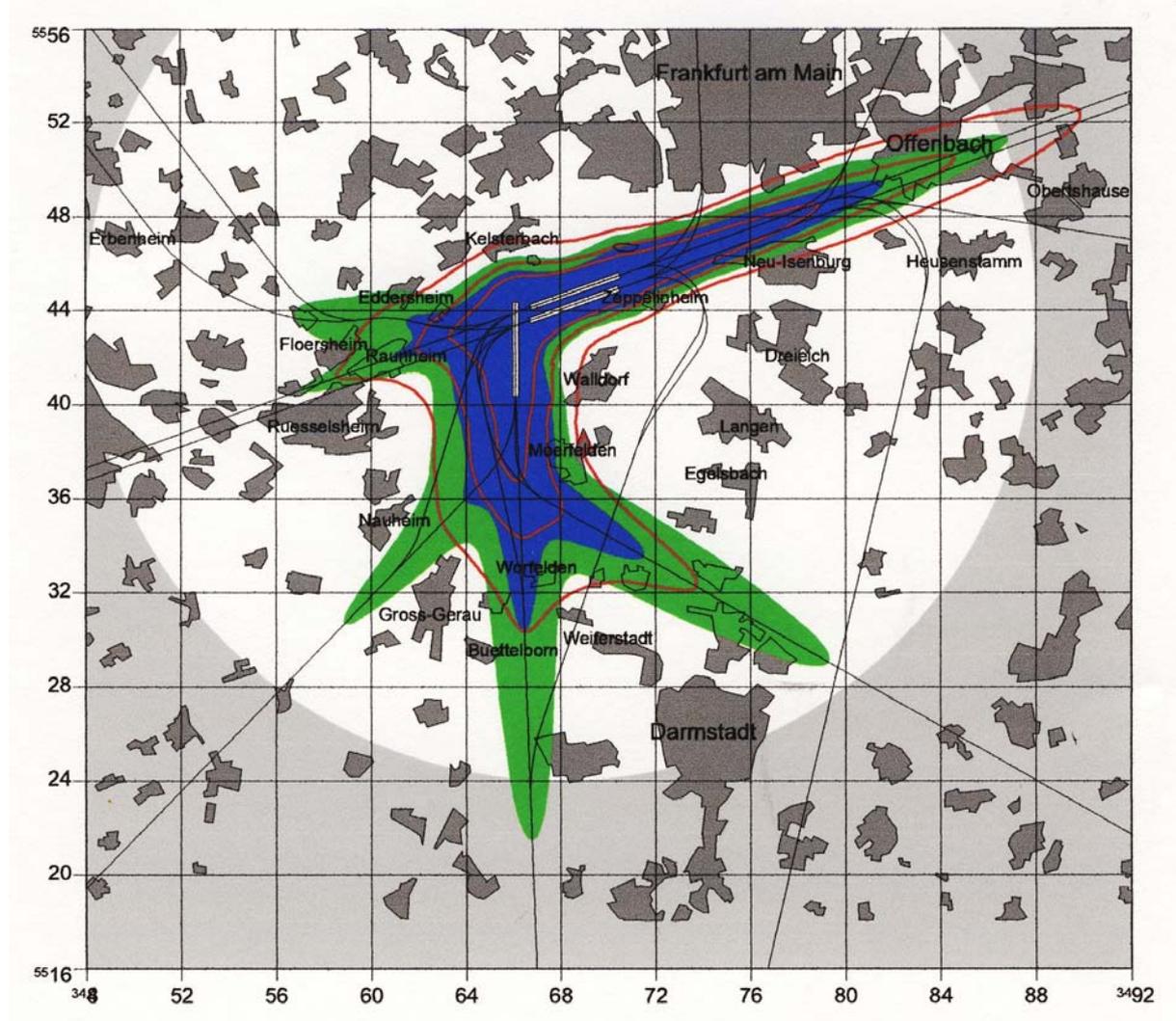
Die umfangreichsten und methodisch aufwändigsten Untersuchungen wurden von Basner et al. (2004a, b, 2006) publiziert. Im Rahmen verschiedener Fluglärmstudien waren etwa 200 Versuchspersonen in unterschiedlichen Versuchsansätzen in 2240 Testnächten untersucht worden, 1664 Nächte im Labor, 576 Nächte in der häuslichen Umgebung („im Feld“). In den Laboruntersuchungen wurden Fluglärmereignisse in unterschiedlicher Stärke, Dauer und Frequenz in den Schlafraum eingespielt, in den Feldstudien wurde die gegebene Lärmbelastung vor und in dem Schlafraum gemessen und zeitgenau mit den technischen Messungen an den Versuchspersonen (EEG, EMG, EOG etc.) verglichen. Darüber hinaus wurden Fragebögen zur Schlafqualität, Fluglärmbelastung, Erholungs- und Befindlichkeitsfragebogen sowie Leistungstests und Stresshormon-Untersuchungen im Morgenurin nach jeder Testnacht vorgenommen.

Der Vorteil dieser Untersuchungen liegt darin, dass gleichzeitig sehr viele Daten incl. der tatsächlichen (Flug)Lärmbelastung in Sekundenabständen messtechnisch erhoben werden und parallel dazu verschiedene weitere etablierte Fragebogen- und Test-Instrumente eingesetzt werden sowie weitere mögliche Einflussfaktoren wie Alter, Geschlecht und sozioökonomische Faktoren erhoben werden. Dies ermöglicht nicht nur die Auswertung einzelner Zielvariablen, sondern auch die Feststellung und Berücksichtigung möglicher (oft stärkerer) Einflussfaktoren. Die mittels Fragebogen nach jeder Testnacht erhobene Belästigung war signifikant mit der Fluglärmbelastung assoziiert; die Assoziationen waren im Labor sehr viel deutlicher als im eigenen Schlafzimmer. Schlafqualität und der Erholungseffekt etc. zeigten demgegenüber keine Dosis-Wirkungszusammenhänge zu der Fluglärmbelastung. Die Aufwachwahrscheinlichkeit nahm mit zunehmender Fluglärmbelastung zu, auch hier waren die Zusammenhänge im Labor wesentlich stärker als im häuslichen Schlafzimmer.

Die Autoren kamen zu dem Schluß: „Es wurden erstmals auf der Grundlage einer sehr großen Datenbasis Dosis-Wirkungsbeziehungen für fluglärmbedingte, elektrophysiologisch nachweisbare Aufwachreaktionen mit einer sehr hohen Präzision entwickelt. So konnte ein Prognosemodell entwickelt werden, welches für gegebene akustische Verhältnisse an einem Flughafen Vorhersagen über die Wahrscheinlichkeit fluglärmbedingter Aufwachreaktionen machen kann; d.h. es kann vorhergesagt werden, wie viel Prozent der Bevölkerung einmal, zweimal usw. zusätzlich durch nächtlichen Fluglärm wahrscheinlich aufwachen. „Bisher werden ausschließlich akustische Kriterien (z.B. äquivalenter Dauerschallpegel, Anzahl von Lärmpegeln oberhalb einer Schwelle) zur Bewertung der nächtlichen Fluglärmbelastung herangezogen. Durch die Ergebnisse der DLR-Untersuchungen können zusätzlich Wirkungskriterien (z.B. Wahrscheinlichkeit für eine, zwei usw. Aufwachreaktionen) in Abhängigkeit vom tatsächlichen Flugverkehrsaufkommen angegeben werden.“

Die von Basner et al. (2004, 2006) für den Flughafen Frankfurt berechneten Kurven der Wahrscheinlichkeit für ein, zwei, drei zusätzliche Aufwachreaktionen finden sich in der nachfolgenden Abbildung.

Abb. 5 Prognose im Umfeld des Frankfurter Flughafens auf die Wahrscheinlichkeit von einer, zwei oder drei zusätzlichen fluglärmbedingten Aufwachreaktionen (elektrophysiologisch messbaren). Die Rechnungen basieren auf 25000 nächtlichen Flugbewegungen in den betriebsreichsten (busiest) 6 Monaten (Basner et al., 2004)



Zusammenfassung: Fluglärm und Schlafstörungen

Verschiedene Studien weisen auf Assoziationen zwischen Fluglärmbelastung und dem Verkauf / der Einnahme / der Verschreibung von Schlaf- und Beruhigungsmitteln hin (Knipschild 1977c, Franssen et al., 2002, 2004; Greiser et al., 2006), teilweise insbesondere bei Frauen und bei nächtlichem Fluglärm (Greiser et al., 2006), andere signifikant nur bei den nicht verschriebenen Schlaf- und Beruhigungsmitteln und nicht bei Lärmbelastung in der Nacht, sondern am gesamten Tag und in den späten Abendstunden (Franssen et al., 2004), wieder andere sehen keinen Zusammenhang zwischen der Schlafmitteleinnahme und der Fluglärmbelastung, sondern mit der Fluglärmbelästigung (Schreckenber und Meis 2006).

Die Ergebnisse detaillierter Feldstudien werden von Michaud et al (2007) wie folgt zusammenfassend bewertet: „Fluglärmbedingte Schlafstörungen zählen zu den bedeutsamen (ernsthafteren) Wirkungen des Fluglärms auf die Bevölkerung. Die Literaturübersicht der neueren Feldstudien zeigt, dass eine zuverlässige Verallgemeinerung der Ergebnisse auf Bevölkerungsebene kompliziert ist wegen der individuellen Unterschiede bei den Versuchspersonen, den methodischen und analytischen Unterschieden zwischen den Studien. Nur ein geringer Anteil der Varianz in den Reaktionen ist durch Fluglärm bedingt. Dennoch ist es unter den Studienbedingungen (Exposition zu Hause) offenkundig, dass Schlafstörungen durch nächtliche Fluglärmbelastungen nicht dramatisch sind und dass die Zusammenhänge zwischen Außenlärmbelastung und Schlafstörungen (tenuous) gering (dürftig) sind. Es ist auch offensichtlich, dass Aufwachreaktionen zum Morgen hin häufiger sind, dass der Lärm im Schlafzimmer enger mit Aufwachreaktionen assoziiert ist als der Außenlärm, und dass spontane Aufwachreaktionen bzw. nicht dem Fluglärm zuzuschreibende Aufwachreaktionen sehr viel häufiger sind als fluglärmbedingte Aufwachreaktionen. Vorhersagen von fluglärmbedingten Aufwachreaktionen sollten nicht auf einer Übereinfachung (oversimplification) von Studienergebnissen basieren und mit großer Vorsicht in regulativen Maßnahmen verwendet werden“ (Michaud et al. 2007).

II. Fluglärm und Gesundheit – Studien mit Kindern

Einleitung

Die bereits im Kapitel Fluglärm und Gesundheit bei Erwachsenen beschriebenen körperlichen Reaktionsmuster auf (Flug)Lärm wie Ausschüttung von Stresshormonen, Auswirkungen auf den Blutdruck etc. sind auch bei Kindern untersucht. Doch liegen hierzu wesentlich weniger Studien vor als bei Erwachsenen. Darüber hinaus sind bei Kindern häufiger andere Lärmwirkungen untersucht, insbesondere kognitive Fähigkeiten (Gedächtnis, Leservermögen, Rechnen etc.), aber auch psychische Reaktionen sowie der mögliche Einfluss auf das Geburtsgewicht und die Schwangerschaftsdauer. Darüber hinaus sind auch mittels Fragebogen erhobene Daten zur allgemeinen Gesundheit publiziert.

Untersucht wurde der Einfluss einer Fluglärmbelastung auf:

- **Schwangerschaftsdauer und Geburtsgewicht** – anhand von Registerdaten (Ando und Hattori 1973; Rehm und Jansen 1978; Matsui et al. 2003) bzw. kleinen Erhebungen (Schell 1981).
- Fragebogenerhebungen zu selbstberichteten Angaben zu **Wohlbefinden** (Bullinger et al. 1999) und zur **allgemeinen Gesundheit** wie Kopfschmerzen, Müdigkeit etc. (Haines et al. 2001a-c).
- Fragebogenerhebungen zu **Stress und Belästigung** (Bullinger et al. 1999; Haines et al. 2001a-c); stressprovozierende Situationen-Fragebogen (Haines et al. 2001a-c).
- Messung von **Stresshormonen** im Speichel oder Urin (Evans et al. 1998; Haines et al. 2001a, c).
- Messung des **Blutdrucks** (Cohen et al. 1980 und 1981; Evans et al. 1998; van Kempen et al. 2006; Morrell 2003).
- Fragebogen zur **Angst, Depression sowie Stärken und Schwächen** (Haines et al. 2001).
- Fragebogen (Kinder und Lehrer) zu **Motivation** (Haines et al. 2001a-c); Erfassung der Motivation beim Bearbeiten unlösbarer Puzzles (Bullinger et al. 1999).
- Testung der **kognitiven Fähigkeiten** (Cohen et al. 1980, 1981; Hygge et al. 2002; Haines et al. 2001a-c; Matsui et al. 2004; Stansfeld et al. 2005) bzw. Erfassung und Bewertung der **Schulnoten** im Hinblick auf die Fluglärmbelastung an der Schule (Haines et al. 2002).

In den verschiedenen Studien wurden sehr unterschiedliche Methoden zur Erfassung der einzelnen Parameter angewandt. Diese sind in den nachfolgenden Kapiteln zusammengefasst und bei der Darstellung der einzelnen Studien im Anhang detaillierter dargestellt.

Bei der Bewertung der Ergebnisse wurden darüber hinaus weitere wichtige Einflussfaktoren in sehr unterschiedlichem Ausmaß berücksichtigt. So wurde beispielsweise bei der Untersuchung zum Zusammenhang zwischen Fluglärmbelastung und Blutdruck im Umfeld des Flughafens München der Einfluss des Wachstums und Körperbaus nicht berücksichtigt (Evans et al. 1998), während dies bei der Studie im Umfeld des Flughafens Sydney erhoben und incl. der Familienanamnese für Bluthochdruck berücksichtigt wurde (Morrell 2003). Da Kinder unterschiedlicher Ethnien durchaus unterschiedliche Blutdruckwerte aufweisen können, ist auch hier die Berücksichtigung des Migrationshintergrunds wichtig. Da dies in der frühen Studie im Umfeld des Flughafens Los Angeles

nicht ausreichend berücksichtigt wurde (Cohen et al. 1980, 1981), wurde die Aussagekraft dieser Studie beispielsweise sehr in Frage gestellt (Matheson et al. 2003; Morrell 2003).

Insbesondere bei den Untersuchungen zu kognitiven Fähigkeiten sind Alter, Geschlecht und andere Sozialvariablen – wie z.B. Haushaltseinkommen, Berufstätigkeit der Eltern, Bildung der Mutter, Muttersprache in der Familie etc.- sehr bedeutsame Einflussfaktoren. Während einige Untersucher versuchten, zumindest die Gruppen nach Alter, Geschlecht und anderen Sozialvariablen vergleichbar zu gestalten (Cohen et al. 1980, 1981; Bullinger et al., 1999; Evans et al. 1998; Hygge et al. 2002), konnten andere Autoren die erhaltenen Ergebnisse individuell nach anderen Einflussfaktoren bis hin zu Sozialbenachteiligungsindex, Bildung der Mutter, Muttersprache zu Hause etc. bewerten (Haines et al. 2001 a-c; Matsui et al. 2004; Stansfeld et al. 2005).

Es ist leicht nachvollziehbar, dass die Ergebnisse der Untersuchungen nicht nur von der (Flug)Lärmbelastung – an der Wohnung, an der Schule - sondern auch von weiteren Faktoren abhängig bzw. mitbeeinflusst sind, u.a.:

- Anzahl der Teilnehmer
- Alter und Geschlecht der Teilnehmer
- Art und Weise der Gewinnung der Teilnehmer und Teilnahme rate (Response)
- Angewandte Untersuchungsmethoden (Fragebogen, Tests)
- Sozioökonomischer Status (Berufstätigkeit der Eltern, Bildung der Eltern, Haushaltseinkommen, Wohndichte, Muttersprache zu Hause...)
-

Auch die Art der Erfassung des Fluglärms, die Gruppierung der Teilnehmer und die Höhe der Fluglärmbelastung sind in den einzelnen Studien unterschiedlich. Während bei Studien zu den Auswirkungen des Fluglärms auf Erwachsene in der Regel die Wohnadresse als Indikator für die Fluglärmexposition genommen wird, die entweder Fluglärmkarten entnommen oder in wenigen Fällen auch gemessen wurde, beziehen sich nur wenige Studien im Kindesalter auf die Lärmbelastung an der Wohnung (z.B. Bullinger et al. 1999, Evans et al., 1998, Hygge et al. 2002; Matsui et al. 2004), die meisten Studien mit Kindern beziehen sich auf die Fluglärmbelastung an den Schulen der Kinder (Cohen et al. 1980, 1981; Haines et al. 2001 a-c, 2002; Stansfeld et al. 2005, Clark et al. 2005; van Kempen et al. 2006) – in seltenen Fällen wurden die Daten sowohl im Hinblick auf die Fluglärmbelastung an der Schule als auch der Wohnung analysiert (Morell 2003; Matsui et al. 2004; van Kempen et al. 2006).

Beim Vergleich der Studien fällt auf, dass bei den Untersuchungen aus den 1970er- und 1980er Jahren sehr viel höhere Fluglärmpegel angegeben wurden als danach: in älteren Studien wurde über Lärmpegel (24 h) bis über 80 dB(A) berichtet und die Kontrollgruppen waren mit weniger als 80 dB(A) auch sehr hoch belastet. In den größeren, neueren Untersuchungen aus München, London und der multizentrischen RANCH-Studie (**R**oad traffic and **a**ircraft **n**oise exposure and children's **c**ognition and **h**ealth: exposure-effect relationships and combined effects) im Umfeld der Flughäfen London, Amsterdam und Madrid (s. auch zusammenfassender Bericht Stadtgesundheitsamt 2007) lag die Belastung für die exponierten Kinder im Mittel bei 60-65 dB(A), im Vergleich mit < 55 dB(A).

Ohne Kenntnis der genannten Parameter ist der unmittelbare Vergleich der Untersuchungen schwierig. Vor diesem Hintergrund wird nachfolgend versucht, die Vergleichbarkeit und die Unterschiede der einzelnen Untersuchungen darzustellen. Die Schlussfolgerungen der Autoren werden aufgeführt – und soweit vorhanden - Stellungnahmen anderer Autoren zu diesen Studien zitiert.

Zuletzt werden die Übereinstimmungen und die Nichtübereinstimmung der unterschiedlichen Studien und verschiedene Übersichtsartikel zusammenfassend dargestellt.

Die Darstellung der Studien zu Fluglärm und Kinder werden nachfolgend in vier Kapitel gegliedert:

1. Schwangerschaftsdauer und Geburtsgewicht
2. allgemeine und psychische Gesundheit
3. Blutdruck und Stresshormone
4. kognitive Fähigkeiten

1. Schwangerschaftsdauer und Geburtsgewicht

Unter der Annahme, dass (Flug)Lärm die Blutgefäße engstellt und die Durchblutung der Organe, auch der Plazenta, vermindert, wurde die Hypothese aufgestellt, dass Fluglärm über wahrscheinlich diesen Mechanismus (Minderversorgung des Ungeborenen im Mutterleib) zu erhöhter Frühgeburtlichkeit bzw. zu niedrigerem Geburtsgewicht der Neugeborenen führt. Diese Hypothese wurde in mehreren großen Studien untersucht.

Eine der ersten Untersuchungen zum Einfluss der Fluglärmbelastung auf das **Geburtsgewicht** Neugeborener wurde 1969 im Umfeld des **Flughafens Osaka** durchgeführt (Ando und Hattori 1973). Die Fluglärmbelastung in verschiedenen Regionen lag < 74 dB bis über 90 dB. Verglichen wurden 12468 unterschiedlich fluglärmbelastete Neugeborene mit 28171 in nicht fluglärmbelasteten Nachbarregionen Geborene. Insgesamt waren negative Auswirkungen der Fluglärmbelastung auf das Geburtsgewicht der Kinder erkennbar, ab > 85 dB waren signifikant mehr Kinder < 2500g geboren worden. In einer zweiten Auswertung wurden die Geburtsdaten aus der am stärksten fluglärmbelasteten Ortschaft verglichen – 2 Jahre vor Aufnahme des Flugbetriebs und 2 Jahre unter Fluglärmbelastung. Auch hier zeigte sich eine Tendenz zu geringeren Geburtsgewichten unter Fluglärmbelastung. Diese Daten wurden leider nicht nach anderen möglichen Einflussfaktoren incl. Sozialfaktoren oder Rauchen der Mütter kontrolliert. – Bei der Auswertung von 1080 Fragebögen, die die Mütter der Neugeborenen ausgefüllt hatten, ergaben sich Hinweise, dass Neugeborene deren Mütter bereits vor der Schwangerschaft im fluglärmbelasteten Bereich wohnten bzw. vor dem 5. Schwangerschaftsmonat dorthin zuzogen sehr viel weniger sensibel auf Lärm reagierten (durchschlafen) als Kinder, deren Mütter erst in der 2. Schwangerschaftshälfte bzw. nach der Entbindung in das fluglärmbelastete Gebiet zogen; letztere wachten bei Lärm sehr viel leichter auf und schrieten. Die Autoren werteten dies als Hinweis, dass die pränatale Lärmbelastung offenbar das Verhalten und die Störbarkeit der Kinder beeinflusst.

Rehm und Jansen (1978) werteten 1452 Geburtsdokumente von Neugeborenen aus dem Umfeld des **Flughafens Düsseldorf** aus. Neugeborene aus der am weitesten vom Flughafen entfernten Ortschaft wiesen am seltensten ein **Geburtsgewicht** unter 2500 g auf (Definition „Frühgeborenes“), mit zunehmender Nähe zum Flughafen nahm die Frühgeburtenrate zu: von 5,9 % über 6 % auf 6,7 % (Tendenz; nicht signifikant). In dieser Studie wurde offenbar kein Fluglärm gemessen und die Geburtsgewichte konnten nicht nach anderen wichtigen Einflussfaktoren, wie Sozialfaktoren, aber auch Rauchen der Mutter etc., kontrolliert werden.

Knipschild et al. (1981) publizierten Daten von 902 zwischen 1973 und 1976 in 6 Ortschaften im Umfeld des **Flughafens Amsterdam** geborenen Kindern. Nach Berücksichtigung von Geschlecht der Kinder und Familieneinkommen hatten Neugeborene fluglärmbelasteter Mütter häufiger ein **Geburtsgewicht** unter 3000 g im Vergleich mit nicht fluglärmbelasteten Müttern. Es wurden sogar Hinweise auf eine „Dosis-Wirkungsbeziehung“ gesehen: in den Lärmbelastungsgruppen < 65 dB(A) Ldn, 65-70 dB(A) und 70-75 dB(A) lag der Anteil der Kinder mit weniger als 3000 g Geburtsgewicht bei 18%, 23% und 29%. Wegen methodischer Grenzen (u.a. kein Rauchstatus) und fehlenden Hinweisen auf einen Zusammenhang bei Jungen sahen sich die Autoren nicht in der Lage, eindeutige und endgültige Schlussfolgerungen zu ziehen, sondern sie sahen weiteren Forschungsbedarf.

Matsui et al. (2003) werteten Geburtsdaten (**Geburtsgewicht und Schwangerschaftsdauer**) von 164.028 Neugeborenen aus den Jahren 1974 bis 1993 im Umfeld zweier **US-Militärflughäfen in Okinawa, Japan**, aus. Die Kinder aus dem fluglärmbelasteten Gebiet hatten ein signifikant höheres Risiko für Frühgeburtlichkeit und/oder niedriges Geburtsgewicht. In der am höchsten fluglärmbelasteten Region war die Risikoerhöhung 25 % resp. 32 % bzw. 1,5 % mehr Kinder < 37 Schwangerschaftswochen (Frühgeborene) und 1,9 % mehr Kinder mit Geburtsgewicht < 2500g. Die Autoren selbst weisen darauf hin, dass sie nicht nach zusätzlichen Risikofaktoren kontrollieren konnten, allerdings gebe es keine Hinweise auf eine unterschiedliche Sozialstruktur in den unterschiedlich fluglärmbelasteten Bereichen.

Alle vier genannten Studien zeigen Assoziationen zwischen Fluglärmbelastung und Frühgeburtlichkeit bzw. niedrigem Geburtsgewicht auf. Da diese Studien jedoch nicht weitere wichtige Einflussfaktoren wie Sozialfaktoren, Alter der Mutter, Berufstätigkeit, andere Belastungen insbesondere Rauchen berücksichtigen konnten, ist die Interpretation der Assoziationen als ursächlicher Zusammenhang eingeschränkt.

Einen ganz anderen methodischen Ansatz hat Schell (1981) verfolgt. Er konnte die Auswertung der **Schwangerschaftsdauer** und der **Geburtsgewichte** von 115 Neugeborenen aus dem Umfeld eines (nicht genannten) **internationalen Großflughafens in den USA** unter Berücksichtigung umfangreicher möglicher weiterer Einflussfaktoren, die in ausführlichen Interviews erhoben wurden, mittels multivariater Analyse vornehmen. Die Mütter waren während der Schwangerschaft maximalen Lärmpegeln durch startende und landende Flugzeuge von < 90 bis > 100 dB(A) ausgesetzt gewesen. Unter Berücksichtigung der möglichen weiteren Einflussfaktoren konnte ein Einfluss des Fluglärms auf die Schwangerschaftsdauer der neugeborenen Mädchen, nicht der Jungen, gefunden werden und kein Einfluss auf die Geburtsgewichte.

Zusammenfassung: Fluglärm und Schwangerschaftsdauer und Geburtsgewicht

Zusammenfassend stellt Morrell hierzu in seinem Review (1997) fest: „Die Studien zu Auswirkungen von Fluglärm auf die perinatale (Zeit um die Geburt herum) Gesundheit sind allgemein durch schwere methodische Mängel eingeschränkt, sowohl im Hinblick auf die Erhebung der Exposition und deren Auswirkung als auch bezüglich fehlender Kontrolle für andere, ebenso wichtige Einflussfaktoren auf die untersuchten Endpunkte. Der Mangel an gut kontrollierten Studien macht es schwierig, (eindeutige) Schlussfolgerungen zu den Auswirkungen von Fluglärmbelastung auf perinatale Effekte (z.B. Schwangerschaftsdauer und Geburtsgewicht) zu ziehen“. Letztendlich ist diese Feststellung auch nach der neuen großen Untersuchung von Matsui et al. (2003) mit über 160.000 Neugeborenen von 1974 bis 1993 aktuell, da auch dort keine Adjustierung für andere wichtige Einflussfaktoren vorgenommen wurde (bzw. werden konnte).

Tab. 17 Übersicht über Publikationen zum Zusammenhang zwischen Fluglärm und Schwangerschaftsdauer und Geburtsgewicht – (Review von Morell et al., 1997, ergänzt um Matsui et al., 2003)

Erhebungsjahr	Ort/Region	Autoren	Teilnehmer (Anzahl, Alter, Geschlecht)	Exposition Fluglärmpegel	Studienform, adjustiert für...	Ergebnisse
Geburtsgewicht und/oder Früh- geburtnlichkeit						
1969	Osaka, Japan	Ando und Hattori 1973	12468 unter- schiedl. Flug- lärmbelastete vs. 28171 nicht belastete Neugeborene	> 85 dB vs. < 74 dB	Ökologische Studie, keine Adjustierung an	Sign. mehr Neugeborene mit geringem Geburtsgewicht (<2500g) in > 85 (> 90) dB exponierten Gebieten im Vergleich mit < 74 dB (7,6 % (8,2%) vs. 4,8%)
1970er Jahre (?) über 4,5 Jahre	Düsseldorf, Deutsch- land	Rehm und Jansen 1978	1452 Geburten	Wohnadresse nach Entfer- nung vom Flughafen; 3 Bereiche	Querschnittstudie, keine Adjustierung	Trend zu höherem Anteil Kinder mit Geburtsgewicht < 2500 g („Frühgeburten“) , aber keine signifikanten Ergebnisse
1973-1976	Amsterdam , Holland	Knip- schild et al. 1981	902 Neugeborene (Teilnahme ca 30 %)	Wohnadresse 60-65 dB(A) Ldn 65-75 dB(A) Ldn	Querschnittstudie, adjust. Für Geschlecht und Familieneinkommen	Sign. mehr Neugeborene mit Geburtsgewicht < 3000 g in Fluglärmgruppe (24% vs. 18%). Hinweis auf Dosis-Wirkungsbeziehung: 65-70 dB(A): 23%; 70-75 dB(A): 29%
1970er Jahre (?)	USA	Schell 1981	115 Neugeborene	< 90 dB(A), 90-99 dB(A), ≥ 100 dB(A) (Maximalpegel; 1% Pegel)	Querschnittstudie, sehr differenzierte Interviews, adjustiert für sozioökonomischer Status, Gewichtsstatus der Eltern; Rauchen	Signifikant negative Korrelation zwischen Fluglärm und Schwangerschaftsdauer nur für Mädchen (r0,48, p=0,0008) - nicht für Jungen. Keine sign. Assoziationen zum Geburtsgewicht – nach Adjustierung
1974-1993	Okinawa, Japan	Matsui et al. 2003	160.460 Neugeborene von 1974-1993	< 60 dB(A), 60-65 dB(A), 65-70 dB(A), 70-75 dB(A)	Querschnittuntersuchung, keine Adjustierung für Rauchen oder sozioökonomischen Status möglich	Risiko für Frühgeburtnlichkeit und niedriges Geburtsgewicht in Fluglärmbereichen signifikant erhöht; OR in der höchstbelasteten Gruppe (>70L _{dn}) vs. Kontrollen: 1,25 für Frühgeburten und 1,3 für niedriges Geburtsgewicht

(?) keine genauen Angaben in der Publikation

2. Allgemeine und psychische Gesundheit

Cohen et al. stellten bei der Erstuntersuchung bei insgesamt 262 untersuchten Kindern (Viertklässler) im **Umfeld des Flughafens Los Angeles** fest, dass entgegen der Erwartung die Kinder der fluglärmbelasteten Schulen (74dB_{1h} in dem leeren Klassenraum) signifikant weniger **Schulabwesenheitstage wegen Krankheit** hatten als die Kinder der nicht fluglärmbelasteten Schulen (56 dB_{1h}) (2,5 % vs. 5,8 %) (Cohen et al. 1980). Bei der Nachuntersuchung von 163 Kindern ein Jahr später war kein Unterschied mehr zwischen den unterschiedlich belasteten Kindern nachweisbar, in beiden Gruppen betrug die Abwesenheitsrate 6% (Cohen et al. 1981).

Haines et al. (2001a-c) verglichen die psychische Gesundheit von 340 Kindern (Viertklässler) aus fluglärmbelasteten Schulen und nicht fluglärmbelasteten Schulen (> 66 dB(A) LAeq16h vs. < 55 dB(A)) im Umfeld des **Flughafens London Heathrow**. Mit verschiedenen **Fragebogen wurden Depression, Angst und Stärken und Schwächen** erforscht: Kurzversion des Child Depression Inventory (CDI), überarbeitete Child Manifest Anxiety Scale (CMAS) und Stärken und Schwächen-Fragebogen (Strength and Difficulties Questionnaire, SDQ) (Haines et al. 2001), darüber hinaus wurde die **allgemeine körperliche Gesundheit** mit dem allgemeinen Haushalts-Fragebogen (General Household Survey, OPCS, 1989) überprüft, der u.a. Fragen zu Kopfschmerzen, Müdigkeit und Schlafstörungen enthielt. Im Ergebnis war Fluglärm an der Schule weder mit psychischer noch mit der allgemeinen Gesundheit assoziiert (Haines et al. 2001a). Bei der Nachuntersuchung von 271 Kindern ein Jahr später mit den gleichen Methoden (CDI, CMAS, SDQ) wurden diese Ergebnisse im Wesentlichen bestätigt (Haines et al. 2001b). Bei der analogen Untersuchung von 451 Viertklässlern in je 10 fluglärm- und nicht fluglärmbelasteten Schulen wiesen die fluglärmbelasteten Kinder schlechtere Werte für psychosoziale Gesundheit auf, dies betraf die SDQ-Skala insgesamt (grenzwertig signifikant), aber auch Hyperaktivität (signifikant) – beides auch nach Berücksichtigung von Alter, Muttersprache und sozialer Benachteiligung (Haines et al. 2001c).

Im Umfeld der **US-Militärflughäfen in Okinawa** mit einer erheblichen Lärmbelastung wurde mittels Eltern- und Erzieherfragebogen der Gesundheitszustand zu 3-6-jährigen Kindern erfragt. 1580 Fragebögen zu fluglärmbelasteten Kindern (60->70 dB(A)) und von 308 Kontrollkindern wurden ausgewertet. Die zahlreichen Fragen wurden in 5 Clustern zusammengefasst: **Erkältungssymptome, Kopf/Bauchschmerzen, Essprobleme, Passivität, Emotionale Instabilität**. In allen Bereichen zeigten sich signifikante Assoziationen zwischen Fluglärmbelastung und den genannten Clustern im Umfeld des Flughafens Kadena und zu Erkältungskrankheiten, Essproblemen und Passivität im Umfeld des Flughafens Futenma (Matsui 2000).

In der multizentrischen **RANCH-Studie (England, Holland, Spanien)** wurden 2844 Kinder im Alter von 10 Jahren und ihre Eltern u.a. in einem **Fragebogen zur Gesundheit** der Kinder befragt (Fluglärmbelastung im Mittel 52 dB(A) LAeq 16h; Bereich 30-77 dB(A)). Es wurden keine Zusammenhänge zwischen Flug- oder Straßenverkehrslärm und selbst angegebener physischer und psychischer Gesundheit gefunden (keine Details publiziert) (Stansfeld et al. 2005).

Tab. 18 Übersicht über Publikationen zum Zusammenhang zwischen Fluglärm und allgemeiner Gesundheit bei Kindern

Publikationsjahr	Ort/Region	Autoren	Teilnehmer (Anzahl, Alter, Geschlecht)	Exposition Fluglärmpegel	Studienform, adjustiert für...	Ergebnisse
1977	Los Angeles, USA	Cohen et al. 1980	262 (142 aus 4 fluglärmbelasteten Schulen; 120 aus 3 ruhigen Schulen), 3.-4.Klässler	Air Corridor, bis 95 dB(A) In den Klassenräumen ohne Kinder gemessene Lärmpegel: mittl. 74 dB(A) _{1h} vs. 56 dB(A) _{1h}	Querschnittstudie; schulbasiert; Kontrollschulen gematcht für sozioökonomischen Status, nicht für Rasse	Schulabwesenheitstage wegen Krankheit: bei fluglärmbelasteten Kindern geringer als bei nicht fluglärmbelasteten (2,5 % vs. 5,8%)
1978	Los Angeles, USA	Cohen et al. 1981	163 5.Klässler (51% der o.g. Viertklässler)	Air Corridor, bis 95 dB(A) max; mittl. 74 dB(A) _{1h} vs. 56 dB(A) _{1h}	Längsschnittstudie schulbasiert; Kontrollschulen gematcht für sozioökonomischen Status, nicht für Rasse	Schulabwesenheitstage wegen Krankheit: kein Unterschied zwischen den Gruppen (beide 6%)
1996	London, England	Haines et al. 2001a	340 4.-Klässler (ca. 50% aus lärmbelasteten Schulen und Kontrollen)	Schulen mit > 66 dB(A), im Vergleich mit Schulen < 57 dB(A) L _{Aeq} , 7-23 h	Querschnittstudie, Viertklässler aus 2x4 Schulen unterschiedl. Lärmbelastung; adjustiert nach Haushaltsbenachteiligungsindex, Muttersprache und Ethnie	Keine Assoziation zw. Fluglärm und körperlicher und psychischer Gesundheit – incl. Kopfschmerzen, Müdigkeit und Schlafstörungen (erhoben mittels Spezialbefragung und Haushaltsfragebogen)
1997	London, England	Haines et al. 2001b	271 Fünft-Klässler nachuntersucht s.o.	Schulen mit > 66 (>63) dB(A), im Vergleich mit Schulen < 57 dB(A) L _{Aeq} , 7-23 h	Quer- und Längsschnittstudie 4. Klässler aus 2x4 (3) Schulen; adjustiert nach Haushaltsbenachteiligungsindex, Muttersprache und Ethnie	Keine Assoziation zw. Fluglärm und körperlicher und psychischer Gesundheit – incl. Kopfschmerzen, Müdigkeit und Schlafstörungen (erhoben mittels Spezialbefragung und Haushaltsfragebogen)
1996	London, England	Haines et al. 2001c	451 Viertklässler; Response 82%	Schulen mit >63 dB(A), im Vergleich mit Schulen < 57 dB(A) L _{Aeq} , 7-23 h	Querschnittsstudie 4. Klässler aus 2x10 Schulen; Adjustiert nach Alter, sozialer Benachteiligung und Sprache in der Familie	Fluglärmbelastete Kinder schlechtere Werte für psychosoziale Gesundheit, incl. Hyperaktivität (sign.) – nach Adjustierung für Alter, Muttersprache und soziale Benachteiligung

1996	Okinawa, Japan	Matsui et al. 2000	1580 3-6 jährige Kinder in fluglärmbelasteten Kindergärten; vg. mit 308 Kontrollkindern	> 75 WECPNL (entspr. > 60 dB(A))	Fragebogenerhebung in 75 Kindergärten im Umfeld der Flughäfen Kadena und Futenma, Okinawa; Fall-Kontroll-Untersuchung; keine Angaben zur Adjustierung	Sign. mehr Erkältungskrankheiten, Essprobleme, Passivität, teilweise auch Kopf- und Bauchschmerzen und emotionale Labilität
2001/ 2003	RANCH London; Amsterdam; Madrid	Stansfeld et al. 2005	2844 Kinder; 1174 England, 762 Holland, 908 Spanien Response 89 %	Mittl. Fluglärm an Schule 52 dB(A) (16h) (30-77 dB(A))	Querschnittstudie, kontrolliert nach zahlreichen Faktoren incl. Sozialfaktoren, Beschäftigungsstatus, Bildung der Mutter, Unterstützung der Eltern bei Schularbeiten der Kinder	Keine Zusammenhänge zw. Flug- und Straßenlärm und selbst angegebener physischer und psychischer Gesundheit (Fragebogenerhebung)

Zusammenfassung: Fluglärm und allgemeine und psychische Gesundheit bei Kindern

Zusammenfassend ist also festzustellen, dass die Untersuchungen, die sich mit den Auswirkungen von Fluglärm auf den allgemeinen Gesundheitszustand von Kindern befassten, keine konsistent übereinstimmenden Ergebnisse erbracht haben. Die zunächst plausible Hypothese, dass extrem fluglärmbelastete Kinder öfter krank sind und häufiger wegen Krankheit vom Unterricht fernbleiben, ließ sich anhand der Schulabwesenheitsstatistik in Schulen im Umfeld des Flughafens Los Angeles so nicht bestätigen. - Umfassende differenzierte Testverfahren zu psychischer Gesundheit von Schulkindern sowie Fragebogen zur körperlichen Gesundheit in London zeigten bei zwei Untersuchungsreihen keine Assoziationen zur Fluglärmbelastung, erst in der letzten, größeren Untersuchung wurden – mit identischen Untersuchungsverfahren - Hinweise auf Zusammenhänge zur psychischen Gesundheit (Stärke und Schwäche-Skala) und insbesondere zu Hyperaktivität gefunden- auch nach Berücksichtigung einer Vielzahl weiterer möglicher Einflussfaktoren wie Alter, Muttersprache und sozialer Benachteiligung. - Bei der Befragung der Eltern von Kindergartenkindern im Umfeld des Flughafens Kadana in Okinawa ergaben sich signifikante Assoziationen zwischen Fluglärmbelastung und einer Vielzahl von Symptomen der Kinder, Erkältungssymptome, Kopf- und Bauchschmerzen, Essprobleme, Passivität und emotionale Instabilität, im Umfeld des etwas weniger fluglärmbelasteten Flughafens Futenma wurden keine Zusammenhänge mehr gesehen zu Kopf- und Bauchschmerzen, Essproblemen und emotionaler Instabilität. Die Hypothese, dass Erkältungskrankheiten deswegen häufiger auftreten, weil sich die Kinder in extrem fluglärmbelasteten Gebieten mehr in den schalldämmten Innenräumen aufhalten und wegen der Lärmbelastung auch weniger lüften, konnte anhand von CO₂-Messungen in den Kindereinrichtungen nicht bestätigt werden. Die Fluglärmbelastung war kein wesentlicher Einflussfaktor auf das Lüftungsverhalten in den Kindereinrichtungen. – Auch im Rahmen der großen multizentrischen RANCH-Studie wurde mit einem Fragebogen der allgemeine Gesundheitszustand erhoben; allerdings waren keine Zusammenhänge zur Belastung mit Flug- oder Straßenverkehrslärm erkennbar. - Insgesamt konnte also die Hypothese einer Beeinträchtigung der allgemeinen Gesundheit von Kindern durch Fluglärm so nicht bestätigt werden - möglicherweise vor dem Hintergrund vieler anderer, bedeutsamerer Einflussfaktoren.

3. Blutdruck sowie Stresshormone

Es liegen verschiedene, teilweise größere Untersuchungen zum Zusammenhang zwischen Fluglärm und Blutdruck bei Kindern vor, aus dem Umfeld der Flughäfen in **Los Angeles** (Cohen et al. 1980 und 1981), **München** (Bullinger et al. 1999; Evans et al. 1998), **Sydney** (Morrell 2003) und im Rahmen der **RANCH-Studie aus dem Umfeld der Flughäfen in London und Amsterdam** (von Kempfen et al. 2006). Die Studien unterscheiden sich teilweise in der Art der Datenerhebung:

Blutdruckmessung:

- Blutdruckmessung im lärmgeschützten Messwagen, automatisiert, Mittelwert aus zwei Messungen an zwei aufeinander folgenden Tagen (Los Angeles, 1977; Cohen et al. 1980, keine Betrachtung möglicher Kofaktoren wie Körpermasse, Alter, Familienanamnese für Bluthochdruck und Rasse)
- Blutdruckmessung unter normaler Belastungssituation, automatisiert, Mittelwert von 2x3 Messungen an zwei aufeinander folgenden Tagen (München 1991/3; Evans et al. 1998) keine statistische Korrektur für Kofaktoren
- Blutdruck mehrfach automatisch gemessen, Korrektur für Alter, Geschlecht, Körpermasse, Familienanamnese für Bluthochdruck (Sydney 1995 und 1997; Morrell 2003)
- Blutdruck mehrfach hintereinander gemessen, ruhige Nachmittage; Mittelwertbildung (RANCH-Studie England und Holland, van Kempfen et al. 2006)

Analyse von Stresshormonen

Adrenalin, Noradrenalin und Kortisol im 24h-Urin (München 1991/3, Bullinger et al. 1999; Evans et al. 1998)

Cortisol im Speichel (London 2x4 Schulen 1996, Haines 2001a)

Adrenalin, Noradrenalin und Kortisol im 24h-Urin (London 2x 8 Schulen 1996, Haines et al. 2001c)

Tab. 19 zeigt die Studien, Anzahl und Alter der Teilnehmer und ihre Fluglärmbelastung sowie die Untersuchungsergebnisse im Überblick

Im Umfeld des **Flughafens Los Angeles** wurde im Jahr 1977 eine erste Querschnittstudie mit einem Follow-up im Jahre 1978 (Längsschnittstudie) zu Auswirkung von Fluglärm auf den Blutdruck von Kindern durchgeführt (Cohen et al. 1980, 1981). In der Erstuntersuchung wurden 142 Viertklässler aus 4 stark mit Fluglärm belasteten Schulen mit mittleren Lärmpegeln von 74 dB_{1h} und Maximalpegel bis 95 dB im leeren Klassenraum gemessen (!) mit 120 Kindern aus drei nicht fluglärmbelasteten Schulen mit mittleren Lärmpegeln von 56 dB_{1h} im leeren Klassenraum verglichen.

Wesentliche Ergebnisse dieser Untersuchung waren:

- Kinder der fluglärmbelasteten Schulen hatten höhere Blutdruckwerte als die der nicht fluglärmbelasteten (im Mittel + 2,9 mm Hg systolisch und 2,69 mm Hg diastolisch).
- Die Unterschiede waren mit zunehmender Dauer des Schulbesuchs an den jeweiligen Schulen geringer.

Tab. 19 Fluglärm und Blutdruck bzw. Stresshormone bei Kindern – publizierte Studien

Publikationsjahr	Ort/Region	Autoren	Teilnehmer (Anzahl, Alter, Geschlecht)	Exposition Fluglärmpegel	Studienform, adjustiert für...	Ergebnisse
Blutdruck und Stresshormone						
1977	Los Angeles, USA	Cohen et al. 1980	262 (142 aus 4 fluglärmbelasteten Schulen; 120 aus 3 ruhigen Schulen), 3.-4.Klässler	Air Corridor, bis 95 dB(A) In den Klassenräumen ohne Kinder gemessene Lärmpegel: mittl. 74dB(A) 1h vs. 56 dB(A) _{1h}	Querschnittstudie; schulbasiert; Kontrollschulen gematcht für sozioökonomischen Status, nicht für Rasse	Gemessener mittlerer syst. Blutdruck +2,9 mmHg, diast. Blutdruck + 2,7mmHg ; nicht adjustiert nach Rasse
1978	Los Angeles, USA	Cohen et al. 1981	163 5.Klässler (51% der o.g. 4.Klässler)	Air Corridor, bis 95 dB(A) max; mittl. 74 dB(A) vs. 56 dB(A)	Längsschnittstudie schulbasiert; Kontrollschulen gematcht für sozioökonomischen Status, nicht für Rasse	Keine sign. Ergebnisse im Hinblick auf den Blutdruck in der Längsschnitt-Untersuchung zur o.g. Querschnittstudie
1991/1993	München, Deutschland	Evans et al. 1998	271, ca 9,9 Jahre; Response 22 %	62 dB(A) vs. < 55 dB(A) (24h-Wert)	Querschnittstudie, prospektiv vor und nach Eröffnung des neuen Flughafens; nicht adjustiert	Nach Eröffnung des neuen Flughafens: Anstieg des gemessenen systolischen (sign.)* und des diastolischen (nicht sign.) Blutdrucks ; sign. Zunahme der Stresshormone Adrenalin und Noradrenalin im 24-h-Urin, nicht von Cortison im Urin
1995 follow up 1997	Sydney, Australien	Morrell 2003	1230 -4.Klässler 8-9 Jahre; Response 40 % 628 Follow up, 11 Jahre	15-35 ANEI (Australian Noise Exposure Index)	Quer- und Längsschnittstudie, 75 Schulen; adjustiert für Alter, Geschlecht, Körpermasse, Familienanamnese Hochdruck	Keine konsistenten Ergebnisse der Blutdruckwerte , nach Adjustierung für Alter, Geschlecht, Körpermasse (incl. Fetttfalten), Aktivität und Familienanamnese für Bluthochdruck

* bedingt durch niedrigeren Ausgangswert der später belasteten Gruppe als der Vergleichsgruppe.

1996	London, England	Haines et al., 2001a	340 4.Klässler (je ca. 50% aus lärmbelasteten Schulen und Kontrollen)	Schulen mit > 66 dB(A), im Vergleich mit Schulen < 57 dB(A) L _{Aeq} , 7-23 h	Querschnittstudien 4. Klässler aus 2x4 Schulen unterschiedl. Lärmbelastung	Kein sign. Unterschied in Stresshormonen im Speichel
1996	London, England	Haines et al. 2001 c	451 4.Klässler (je ca. 50% aus lärmbelasteten Schulen und Kontrollen)	Schulen mit > 63 dB(A), im Vergleich mit Schulen < 57 dB(A) L _{Aeq} , 7-23 h	Querschnittstudien 4. Klässler aus 2x10 Schulen unterschiedl. Lärmbelastung	Kein Unterschied in Stresshormonen im 24-hUrin
2001/2003	London, England; Amsterdam, Niederlande	Van Kempen et al. 2006 RANCH-Studie	853 mw, im Mittel 10,4 J; (9-11 J) Response 89%	Mittel: 52 dB(A) (30-77 dB(A)) L _{Aeq} , 7-23 h für Fluglärm und für Straßenlärm	Querschnittstudie, Schul- und Wohnungsbasiert; zwei Zentren (England und Holland)	Sign. positive Assoziation zw. Fluglärm an der Schule und Blutdruck der Kinder in Holland, nicht in England und nicht in der Gesamtgruppe; Sign. Pos. Assoziationen zwischen Fluglärm am Tage und Fluglärm in der Nacht an der Wohnung der Kinder und syst. und diast. Blutdruck; sign. auch für Holland alleine, nicht für England.

An der **Nachuntersuchung im Umfeld des Flughafens Los Angeles** ein Jahr später nahmen noch 163 Kinder (51%) teil; hier konnten die Blutdruckunterschiede zwischen Schülern unterschiedlich belasteter Schulen so nicht mehr bestätigt werden. Allerdings hatten bei der Nachuntersuchung insbesondere die Kinder mit ursprünglich höheren Blutdruckwerten nicht mehr teilgenommen. Die Schlussfolgerung der Autoren: kein Hinweis auf Adaptation an Fluglärm; der abnehmende Unterschied im Blutdruck zwischen Kindern der hochbelasteten und den nicht fluglärmbelasteten Schulen wurde auf Wegzug der Kinder mit höherem Blutdruck zurückgeführt.

Diese Studie wurde im Weiteren intensiv diskutiert. Ein wesentlicher Kritikpunkt war die fehlende Adjustierung nach Rasse der teilnehmenden Kinder (Morell 2003; Matheson et al. 2003). So ist bekannt, dass schwarze Kinder generell höhere Blutdruckwerte aufweisen als Nicht-Schwarze, und in der Gruppe der fluglärmbelasteten Kinder waren fast doppelt so viele schwarze Kinder wie in der Kontrollgruppe. Insofern könne der Unterschied in den Blutdruckwerten bei der Erstuntersuchung eher auf Unterschiede bei den teilnehmenden Kindern als auf einen Fluglärmeeinfluss zurückgeführt werden. Die Interpretation der Nicht-Adaptation wird von anderen Autoren bestätigt (Morell 2003).

1991 bis 1993 wurde im Umfeld des **Flughafens München** die Auswirkung der Inbetriebnahme eines neuen Flughafens in einer zuvor nicht fluglärmbelasteten Gegend auf den Blutdruck der Kinder und deren Stresshormone untersucht. 271 Kinder (Belastungs- und Kontrollgruppe; Response ca. 22%) wurden 6 Monate vor sowie 6 und 18 Monate nach Eröffnung des neuen Flughafens untersucht. Die Lärmbelastung im Wohnumfeld der Kinder vor Eröffnung des neuen Flughafens und in der Folge auch in der Kontrollgruppe betrug ≤ 55 dB(A) (24h), sie nahm in der Belastungsgruppe auf 62 dB(A) (24h) zu. Kinder der späteren Belastungsgruppe hatten vor Eröffnung des neuen Flughafens niedrigere Blutdruckwerte als die der späteren Kontrollgruppe (97,2 mmHg vs. 100,8 mmHg), nach Eröffnung des Flughafens hatte ihr Blutdruck deutlich zugenommen und die Blutdruckwerte betrugen nach 6 Monaten im Vergleich mit der Kontrollgruppe 101,6 mmHg vs. 102,2 mmHg und nach 18 Monaten 102,4 mmHg vs. 102,2 mmHg. Der deutlich höhere Anstieg in der Belastungsgruppe war signifikant. Parallel dazu hatten die Stresshormonkonzentrationen in Urinproben der belasteten Kinder signifikant mehr zugenommen als in der Kontrollgruppe. Die Autoren sahen den signifikanten Anstieg der Blutdruckwerte und der Stresshormone nach Eröffnung des neuen Flughafens als Folge des Lärmstresses durch den Flughafenbetrieb. Sie wiesen allerdings auch darauf hin, dass mit der Eröffnung des neuen Flughafens auch weitere Änderungen verbunden waren wie Landnutzung und steigender Straßenverkehr etc., die in der Bewertung berücksichtigt werden sollten.

Matheson lobte die Methode und Durchführung dieser Untersuchung, stellte allerdings in Frage, ob die Anzahl der Kinder ausreichte, um mögliche Kofaktoren angemessen zu berücksichtigen (Matheson et al. 2003). Morell (2003) sah insbesondere die Methode der Längsschnittuntersuchung und die Möglichkeit der Untersuchung der Auswirkungen von Änderungen des Fluglärms als eine Stärke dieser Studie an, er betonte jedoch, dass die Blutdruckwerte generell im Normalbereich lagen und dass die Kinder der Belastungsgruppe zu jedem Zeitpunkt geringere Blutdruckwerte aufwiesen als die der Kontrollgruppe. Die unterschiedliche Zunahme des Blutdrucks könne auch durch unterschiedliches Wachstum innerhalb dieser zwei Jahre mitbedingt sein, eine Hypothese, die aber nicht überprüft werden könne, da diese Wachstumsdaten nicht publiziert wurden (Morell 2003).

Die Untersuchung zur Auswirkung der Fluglärmbelastung auf den Blutdruck von Kindern im Umfeld des **Flughafens Sydney** ist die umfangreichste Untersuchung dieser Art. An der Erstuntersuchung im Jahre 1994/5 hatten 1230 Kinder (8-9 Jahre) aus 75 Schulen im 20 km Umfeld des Flughafens teilgenommen (Response 40 %). Nach Eröffnung einer neuen Start- und Landebahn und Schließung der alten wurden im Jahre 1997 insgesamt 628 Kinder (Alter inzwischen 11 Jahre) nachuntersucht. Ein Anteil der Kinder war durch die Änderung des Flughafens nun stärker, ein anderer Anteil weniger fluglärmexponiert. Der Fluglärm wurde an Schulen und Wohnungen gemessen. Die Fluglärmbelastung betrug 15-35 ANEI (Australische Fluglärmereinheit). Die Blutdruckwerte wurden für bestimmte Einflussfaktoren wie Körpergröße, Rasse, Familienanamnese für Bluthochdruck adjustiert. Es wurden keine konsistenten signifikanten Zusammenhänge zwischen Fluglärmbelastung an der Schule bzw. an der Wohnung und der Schule und den adjustierten Blutdruckwerten der Kinder gefunden, weder bei der Erst- noch bei der Folgeuntersuchung. Die Stärke dieser Untersuchung liegt in der Anzahl der untersuchten Kinder (> 1200 Kinder), der Betrachtung von Fluglärm zu Hause und an der Schule, der Möglichkeit der Nachuntersuchung inclusive der Untersuchung von Änderungen des Flughafens (zusätzliche Start- und Landebahn) und der Erfassung und Berücksichtigung wesentlicher Kofaktoren.

Die neueste der bislang durchgeführten und publizierten Untersuchungen zum Zusammenhang zwischen Fluglärm (und Straßenlärm) und Blutdruck von Kindern fand im Rahmen der multizentrischen **RANCH-Studie** statt. In den Jahren 2001/2003 wurden insgesamt 853 etwa 10 Jahre alte Kinder aus 62 Grundschulen im Umfeld der **Flughäfen London und Amsterdam** untersucht. Die mittlere Lärmbelastung an den Schulen und Wohnungen der Londoner Kinder lag über den Mittelwerten der Lärmbelastung der Amsterdamer Kinder: Dies betraf nicht nur die Fluglärmbelastung (60 vs. 54 dB(A), 16h) sondern – sofern untersucht – auch die Straßenlärmbelastung (53 vs. 49 dB(A) 16h). Auch die mittleren Blutdruckwerte (108,9 mmHg vs. 105,4 mmHg systolisch und 67,1 mmHg vs. 65,6 mmHg diastolisch), die Pulsrate (89,4 vs. 80,1 pro min) und der Gewichtsstatus (13,3 kg vs. 12,17 kg) der Kinder aus London lagen etwas höher als der Kinder aus Amsterdam (van Kempen et al. 2006).

Während in Holland Fluglärm an der Schule und Fluglärm an der Wohnung – tagsüber und nachts – signifikant mit höheren Blutdruckwerten der Kinder assoziiert war, konnte dieser Effekt im Umfeld des Londoner Flughafens nicht festgestellt werden. Deswegen war in der Gesamtauswertung der gepoolten Daten nur noch ein geringer Effekt von Fluglärm an der Wohnung auf den systolischen Blutdruck der Kinder feststellbar, während der Fluglärm an der Schule nicht mehr mit einer signifikanten Auswirkung auf den Blutdruck der Kinder assoziiert war. Beim Straßenlärm ergaben sich in Holland abnehmende Werte bei zunehmender Belastung sowohl an der Schule als auch an der Wohnung (Straßenlärm tagsüber); der Zusammenhang zwischen Straßenlärm und abnehmendem systolischen Blutdruck erreichte sogar Signifikanzniveau. In England hingegen konnten auch hier keine Zusammenhänge festgestellt werden.

Die Autoren diskutierten folgende Aspekte im Hinblick auf die gefundenen Unterschiede zwischen London und Amsterdam: unterschiedliche Flugmuster, unterschiedliche Schulen mit unterschiedlicher Verglasung der Fenster, mögliche Unterschiede in der Haltung und Einstellung der Lehrer zur Lärmbelastung, unterschiedliche Ethnien der Kinder, unterschiedliche Lebensweisen mit unterschiedlicher Ernährung und Salzzufuhr, unterschiedliche körperliche Aktivitäten zwischen den Kindern unterschiedlicher Länder. Alle diese möglichen Einflussfaktoren wurden jedoch nicht detailliert erhoben, sodaß hier keine endgültigen Antworten gegeben werden können (van Kempen et al. 2006).

Untersuchungen der Stresshormone bei fluglärmbelasteten Kindern:

In der **Münchener Fluglärmstudie** waren die Stresshormone im 24h-Urin der durch den neuen Flughafen fluglärmbelasteten Kinder und der Kontrollkinder 6 Monate vor sowie 6 und 18 Monate nach Eröffnung des neuen Flughafens untersucht worden (s.o.). In beiden Gruppen hatten die Stresshormonkonzentrationen über die zwei Jahre deutlich zugenommen, bei den fluglärmbelasteten Kindern signifikant mehr als in der Kontrollgruppe (Evans et al. 1998).

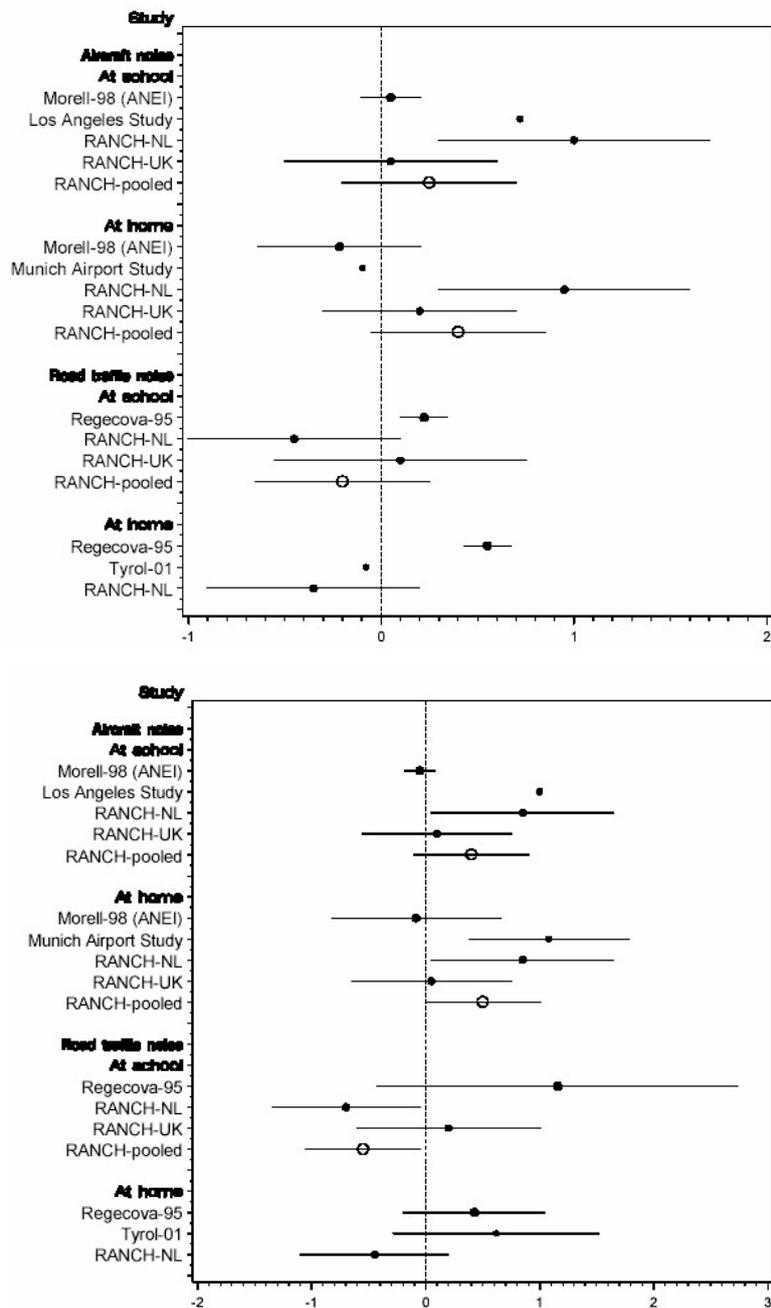
Aus dem Umfeld des **Londoner Flughafens** wurden zwei Studien publiziert, in welchen bei 8-11 Jahre alten Schulkindern mit unterschiedlich hoher Fluglärmbelastung an der Schule Stresshormone untersucht wurden. Verglichen wurden Schulkinder aus fluglärmbelasteten Schulen (Ldn > 66 resp. 63 dB(A) mit Kindern aus Schulen ohne Fluglärmbelastung (< 57 dB(A)). In der ersten Untersuchung wurden in 2x4 Schulen 169 belastete im Vergleich mit 171 nicht belasteten Kindern untersucht (Haines et al. 2001a). In einer zweiten Untersuchung wurden 2x10 Schulen mit 236 belasteten und 215 nicht belasteten Kindern getestet (Haines et al. 2001c). In der ersten Untersuchung wurden die Hormonspiegel im Speichel, in der zweiten im Urin untersucht. In beiden Untersuchungen ergaben sich keine signifikanten Unterschiede in den Stresshormonspiegeln in den unterschiedlichen Belastungsgruppen.

Zusammenfassung: Fluglärm und Blutdruck sowie Stresshormone bei Kindern

Insgesamt können zusammenfassend nun vier große Studien zum Zusammenhang von Fluglärm und dem Blutdruck der Kinder verglichen werden, die zu unterschiedlichen Zeiten – die erste 1977, die letzte 2001/3 - im Umfeld unterschiedlicher Flughäfen (Los Angeles, München, Sydney, London und Amsterdam) mit sehr unterschiedlicher Fluglärmbelastung (mittel 74 dB (1 h im Klassenraum, max. 95 dB in Los Angeles) bis im Mittel 52 dB(A) (33-77 dB(A) 16h in London, Amsterdam) ausgesetzt waren. Die Anzahl der untersuchten Kinder lag teilweise unter 300 (Los Angeles, München) bis über 1200 (Sydney). Insbesondere in den neueren Untersuchungen wurden der Fluglärm sowohl an der Schule als auch an der Wohnung und auch der Straßenverkehrslärm sowie wichtige Kofaktoren berücksichtigt.

Bei der Gesamtbetrachtung konnten keine konsistenten Zusammenhänge zwischen Fluglärm und **Blutdruck bzw. Stresshormonen** der Kinder gefunden werden. Van Kempen et al. (2006) stellten die publizierten Studien zum Flug- und Straßenlärm und Blutdruck von Kindern zusammen (Abb. 6). Sie schlossen „Auf der Basis der vorliegenden Studien können keine eindeutigen Schlussfolgerungen zum Zusammenhang zwischen Fluglärm und Blutdruck bei Kindern gezogen werden“ (van Kempen et al. 2006). Und Babisch (2006) und stellt fest, dass die Feststellungen von Evans und Lepore (1993) auch 2006 noch aktuell sind. Diese hatten geschrieben: „Man weiß fast nichts (essentially nothing) über die Langzeitfolgen von Lärmexposition auf das sich entwickelnde Herz-Kreislauf-System. Das Ausmaß der Blutdruckerhöhung ist gering. Die klinische Bedeutung solcher Änderungen des Blutdrucks bei Kindern ist schwierig festzustellen. Die Blutdruckwerte der lärmexponierten Kinder liegen innerhalb der Referenzbereiche und geben keine Hinweise auf einen Bluthochdruck. Das Ausmaß der Blutdrucksteigerung durch chronische Lärmexposition ist im Kindes- und Jugendalter wahrscheinlich nicht signifikant, aber es könnte sein, dass diese bis ins späteren Lebens weiter bestehend tatsächlich eine gesundheitsschädliche Wirkung entfalten könnte (Evans und Lepore 1993, zitiert nach Babisch 2006).

Abb. 6 Flug- und Straßenverkehrslärm und systolischer (oben) und diastolischer (unten) Blutdruck bei Kindern - Zusammengefasste Ergebnis-Darstellung aus verschiedenen Studien (van Kempen et al. 2006)



4. Motivation sowie kognitive Fähigkeiten

Es liegen verschiedene, teilweise größere Untersuchungen zum Zusammenhang zwischen Fluglärm und Motivation sowie kognitiven Fähigkeiten und Leistungen bei Kindern vor, aus dem Umfeld der Flughäfen in **Los Angeles** (Cohen et al. 1980 und 1981), **München** (Bullinger et al. 1999; Hygge et al. 2002), **London** (Haines 2001a-c, 2002; Matsui et al. 2004) sowie im Rahmen der **RANCH-Studie aus dem Umfeld der Flughäfen in London, Amsterdam und Madrid** (Stansfeld et al. 2005). Die Studien unterscheiden sich in den gewählten Methoden:

In Fluglärmstudien angewandte Methoden zur Untersuchung der kognitiven Fähigkeiten

- **Lesen und Leseverständnis:**
 - **Lesen** von Texten und Wörterlisten mit zunehmender Schwierigkeit einschließlich Pseudowörter (Hygge et al. 2002).
 - **Leseverständnis:** (reading comprehension): UK standardisierte Skala (Suffolk Reading Skala; d.h. nach Lesen eines Textes müssen 70 multiple choice Fragen zu diesem Text beantwortet werden, die zeigen, ob die Inhalte des Textes verstanden wurden (Haines et al. 2001 a-c; Matsui et al., 2004; Stansfeld et al. 2005).

- **Gedächtnisleistung:**
 - **Langzeitgedächtnis:**
 - Lesen eines Textes bei Beschallung mit 80 dB(A); Überprüfung der Erinnerungsfähigkeit am nächsten Tag (Hygge et al. 2002).
 - Kindern werden 2 Geschichten über Audiocassette vorgespielt; sie sollen nach erstem Test und anderen Aufgaben > 30 min später alles aufschreiben, woran sie sich erinnern (Matsui et al. 2004).
 - **Kurzzeitgedächtnis:**
 - über Kopfhörer den Kindern vorgespielte Konsonanten-Reihen mussten nach zufälliger Unterbrechung in der richtigen Reihenfolge aufgeschrieben werden (Hygge et al. 2002).
 - Kindern werden 2 Geschichten über Audiocassette vorgespielt; sie sollen unmittelbar danach alles aufschreiben, woran sie sich erinnern (Matsui et al. 2004).

- **Aufmerksamkeit:**
 - Visuelle Erkennungsfähigkeit (visual search): Nach Präsentation von 12 komplexen und 5 einfachen Figuren musste angegeben werden, welche einfachen Figuren in den komplexen Figuren enthalten sind (Hygge et al. 2002).
 - Reaktionszeit: Nach Präsentation von roten und grünen Lichtern waren zwei verschiedene Knöpfe zu drücken; diese Aufgabe war bei Ruhe- und unter Lärmbedingungen (85 dB(A)) zu erfüllen (Hygge et al. 2002).
 - Aufmerksamkeit und Leistung unter Sprachbeschallung (Ausstreichen von e-s aus einem zweiseitigen Text in gegebener Zeit) (Cohen et al. 1980, 1981).
 - Aufmerksamkeit (sustained attention): Teile der "Tests Everyday Attention for Children TEA-Ch": Punkterreichung bei Computerspiel (Einteilung von Geräuschen) (Haines et al. 2001a-c; Matsui et al. 2004).
 - Aufmerksamkeitstest nach Toulouse Pieron (Stansfeld et al. 2005).

- **Spracherkennung/Sprachverständnis, inhaltlich und akustisch:**
 - Sprachverständnistest (über Kopfhörer Wortpaare vorgelesen, die gleich oder unterschiedlich sind, z.B. sick-thick; map –nap); Kind muß unter Zeitdruck angeben gleich oder unterschiedlich (Cohen et al. 1980, 1981).
 - Kinder hörten eine Geschichte bei unterschiedlichen Lärmbelastungen (Fluglärm, Straßenlärm etc.) und mussten selbst regulieren, wann sie die Geschichte gut hören konnten; ermittelt wurde die notwendige Lautstärkedifferenz. (Bullinger et al. 1999; Hygge et al. 2002).

Auch die statistische **Berücksichtigung anderer Einflussfaktoren** ist in den verschiedenen Studien sehr unterschiedlich.

Los Angeles (Cohen et al. 1980, 1981):

- Kinder waren für Alter, Geschlecht gematcht, die Daten aber nicht adjustiert.

München (Bullinger et al. 1999; Hygge et al. 2002).

- Kinder waren für Alter, Geschlecht gematcht, die Daten aber nicht adjustiert.

London (Haines et al. 2001 a-c; Matsui et al. 2004)

- „Haushaltsbenachteiligungs-Index“ (household deprivation score): Einkommen, Wohndichte (Bewohner/m²), Wohneigentum, Arbeitslosigkeit
- Muttersprache, „main language“, d.h. die in der Familie gesprochene Sprache
- Hautfarbe (weiß, nicht weiß)

London (Haines et al. 2002)

- Erste Auswertung adjustiert nach Geschlecht der Kinder, Jahr der Untersuchung, Schultyp (staatlich vs. kirchlich)
- Zweite Auswertung darüber hinaus adjustiert nach Anteil der Kinder mit kostenloser Schulspeisung

RANCH-Studie England, Holland, Spanien (Stansfeld et al. 2005)

- Alter der Kinder,
- Beschäftigungsstatus der Eltern,
- Wohnungsdichte (> 1,5 Personen/Zimmer in England und > 2 Personen/Zimmer in Holland und Spanien),
- Wohnungseigentum,
- chronische Krankheit des Kindes,
- Muttersprache zu Hause, Bildungsstand der Mutter,
- Unterstützung der Eltern bei den Schularbeiten der Kinder,
- 1-3fach Verglasung der Fenster im Klassenraum.

Die Daten wurden nach 2 Modellen ausgewertet und adjustiert:

- Berücksichtigung von Alter und Geschlecht der Kinder, Land – und auch sozioökonomischer Status und Bildung der Mutter.
- Wie oben, aber darüber hinaus Berücksichtigung von chronischer Erkrankung des Kindes, Muttersprache in der Familie, elterliche Unterstützung bei den Schularbeiten der Kinder und Verglasung der Fenster im Klassenraum.

Tab. 20 Fluglärm und kognitive Fähigkeiten bei Kindern – publizierte Studien – Teilnehmer und Untersuchungs-Methoden, Fluglärmbelastung, Autoren

Untersuchungsjahr	Ort/Region	Autoren	Teilnehmer (Anzahl, Alter, Geschlecht)	Exposition Fluglärmpegel	Studienform, adjustiert für...	Methoden
1977	Los Angeles, USA	Cohen et al. 1980	262 (142 aus 4 fluglärmbelasteten Schulen; 120 aus 3 ruhigen Schulen), 3.-4.Klässler	Air Corridor, bis 95 dB(A) in den leeren Klassenräumen gemessene Lärmpegel: mittl. 74 dB(A) _{1h} vs. 56 dB(A) _{1h}	Querschnittstudie; schulbasiert; Kontrollschulen gematcht für sozioökonomischen Status, nicht für Rasse	Tests in schallabgeschirmtem Raum: Lösen von Puzzles in gegebener Zeit; Aufmerksamkeit unter Beschallung (Ausstreichen von e-s aus Text) Sprachverständnistest : Wortpaare eingespielt über Kopfhörer z. B. sick-thick Versch. Fragebögen
1978	Los Angeles, USA	Cohen et al. 1981	163 der urspr. 262 Kinder s.o. (51%)	Air Corridor, bis 95 dB(A) max; mittl. 74 dB(A) _{1h} vs. 56 dB(A) _{1h}	Längsschnittstudie schulbasiert; Kontrollschulen gematcht für sozioökonomischen Status, nicht für Rasse	s.o.
1991/1993	München, Deutschland	Bullinger et al. 1998/9; Hygge et al. 2002	326 Kinder 9-13 Jahre	62 dB(A) vs. < 55 dB(A) (24h-Wert) im Wohnumfeld	Quer- und Längsschnittstudie, prospektiv vor und nach Eröffnung neuer Flughafen Insg. 22 % Response	Lesetest (Texte und Wörterlisten, incl. Pseudowörter) Langzeitgedächtnis : Lesen eines Textes unter Lärmbeschallung; Überprüfung der Erinnerung am nächsten Tag Kurzzeitgedächtnis : über Kopfhörer eingespielte Konsonantenreihen nach zufälliger Unterbrechung richtig aufschreiben Aufmerksamkeit : visuelle Erkennungsfähigkeit komplexer und einfacher Figuren Reaktionszeit : Knöpfe drücken am Computer Spracherkennung : Geschichte über Kopfhörer hören eingespielter Lärm; Kinder müssen Lärm selbst regulieren, um Geschichte noch gut hören zu können
1991/1993	München, Deutschland	Hygge et al. 2002	326 Kinder 9-13 Jahre	62 dB(A) vs. < 55 dB(A) (24h-Wert) im Wohnumfeld	Quer- und Längsschnittstudie, prospektiv vor und nach Eröffnung neuer Flughafen	
1996	London, England	Haines et al. 2001a	340 4.Klässler (ca. 50% aus lärmbelasteten Schulen und Kontrollen)	Schulen mit > 66 dB(A), im Vergleich mit Schulen < 57 dB(A) L _{Aeq} , 7-23 h	Querschnittstudie, Viertklässler aus 2x4 Schulen unterschiedl. Lärmbelastung; adjustiert nach Haushaltsbenachteiligungsindex, Muttersprache und Ethnie	Leseverständnis : England Suffolk Scale; 70 Verständnisfragen Aufmerksamkeit : Tests Everyday attention for Children; Punkteerreichung bei Computerspiel

Untersuchungsjahr	Ort/Region	Autoren	Teilnehmer (Anzahl, Alter, Geschlecht)	Exposition Fluglärmpegel	Studienform, adjustiert für...	Methoden
1997	London, England	Haines et al. 2001b	271 4.Klässler nachuntersucht s.o.	Schulen mit > 66 (>63) dB(A), im Vergleich mit Schulen < 57 dB(A) L_{Aeq} , 7-23 h	Quer- und Längsschnittstudie 4. Klässler aus 2x4 (3) Schulen; adjustiert nach Haushaltsbenachteiligungsindex, Muttersprache und Ethnie	s.o.
1996	London, England	Haines et al. 2001c	451 4.Klässler; Response 82%	mit > >63 dB(A), im Vergleich mit Schulen < 57 dB(A) L_{Aeq} , 7-23 h	Querschnittstudie 4. Klässler aus 2x10 Schulen; Adjustiert nach Alter, sozialer Benachteiligung und Sprache in der Familie	s.o.
1996/1997	London, England	Haines et al. 2002	Ca. 11.000 Kinder, 6. Klässler	Lärmbelastung aller Schulen im 3 dB(A)-Intervall (nach Fluglärmkarte)	Querschnittstudie aus 123 Schulen, adjustiert nach Geschlecht, Untersuchungsjahr, Schultyp (staatl./kirchl.); kostenlose Schulspeisung	Schulnoten
1996	London, England	Matsui et al. 2004	138 4.Klässler;	mit > >63 dB(A), im Vergleich mit Schulen < 57 dB(A) L_{Aeq} , 7-23 h	Querschnittstudie 4. Klässler aus 10 fluglärmbelasteten Schulen; Fluglärm im Wohnunfeld <63dB(A), 36-66 dB(A) und > 66 dB(A). Adjustiert nach Alter, sozialer Benachteiligung und Sprache in der Familie	Leseverständnis: England Suffolk Scale; 70 Verständnisfragen Kurz- und Langzeit-Gedächtnis: Über Kopfhörer 2 Geschichten vorgespielt; unmittelbar danach Erinnerungtes aufschreiben (Kurzzeit), nach weiteren 30 min andere Aufgaben nochmals Aufschreiben, was erinnert wird (Langzeit). Aufmerksamkeit: Tests Everyday Attention for Children; Punkterreichung bei Computerspiel
2001/2003	RANCH London; Amsterdam; Madrid	Stansfeld et al. 2005	2844 Kinder; 1174 England, 762 Holland, 908 Spanien Response 89 %	Mittl. Fluglärm an Schule 52 dB(A) (16h) (30-77 dB(A))	Querschnittstudie, kontrolliert nach zahlreichen Faktoren incl. Sozialfaktoren, Beschäftigungsstatus, Bildung der Mutter, Unterstützung der Eltern bei Schularbeiten der Kinder	Leseverständnis: England Suffolk Scale; 70 Verständnisfragen Gedächtnis: Kurz- und Langzeit; Abruf und Wiedererkennung Aufmerksamkeitstest nach Toulouse Pieron

Tab. 21 Fluglärm und kognitive Fähigkeiten bei Kindern – publizierte Studien- Methoden und Ergebnisse

Ort/Region	Methoden	Ergebnisse
<p>Los Angeles, USA Cohen et al. 1980, 1981</p> <p>262 3.-4.Klässler Nachuntersuchung 163 Kinder 5. Klässler</p>	<p>Tests in schallabgeschirmtem Raum: Lösen von Puzzles in gegebener Zeit; Aufmerksamkeit unter Beschallung (Ausstreichen von e-s aus Text) Sprachverständnistest: Wortpaare eingespielt über Kopfhörer z. B. sick-thick Versch. Fragebogen</p>	<p>Sign. schlechtere Leistungen beim Puzzle, weniger Lösungsversuche (Hilflosigkeitshypothese) und höhere Störbarkeit durch Lärm Bei Nachkontrolle ähnliche Ergebnisse, aber Hilflosigkeitshypothese nicht mehr bestätigt (nicht genauer erläutert)</p>
<p>München, Deutschland Bullinger et al. 1998/9; Hygge et al. 2002</p> <p>326 Kinder 9-13 Jahre</p>	<p>Lesetest (Texte und Wörterlisten, incl. Pseudowörter) Langzeitgedächtnis: Lesen eines Textes unter Lärmbeschallung; Überprüfung der Erinnerung am nächsten Tag Kurzzeitgedächtnis: über Kopfhörer eingespielte Konsonantenreihen nach zufälliger Unterbrechung richtig aufschreiben Aufmerksamkeit: visuelle Erkennungsfähigkeit komplexer und einfacher Figuren Reaktionszeit: Knöpfe drücken am Computer Spracherkennung: Geschichte über Kopfhörer hören eingespielter Lärm; Kinder müssen Lärm selbst regulieren, um Geschichte noch gut hören zu können</p>	<p>schlechtere Leseleistung insbes. bei schwierigen Aufgaben und Sprachwahrnehmung, Langzeitgedächtnis Nicht assoziiert: Kurzzeitgedächtnis</p>
<p>London, England Haines et al. 2001a, b, c</p> <p>340 4.Klässler (ca. 50% aus lärmbelasteten Schulen und Kontrollen)</p>	<p>Leseverständnis: England Suffolk Scale; 70 Verständnisfragen Aufmerksamkeit: Tests Everyday Attention for Children; Punkterreichung bei Computerspiel</p>	<p>Sign. assoziiert: Belästigung, Leseverständnis (unabh. Von Belästigung, aktuelle Lärmpegel und Sozialfaktoren) und Langzeitgedächtnis Nicht assoziiert: Hyperaktivität, psychol. Beeinträchtigung</p>
<p>London, England Haines et al. 2002</p> <p>Ca. 11.000 Kinder, 6. Klässler</p>	<p>Schulnoten</p>	<p>Sign. assoziiert mit Lesefähigkeit, nicht mit anderen „english performance outcomes“ wie Sprechen, Schreiben, Handschrift; sign. assoziiert mit geringeren Rechenleistungen – auch nach Berücksichtigung des Schultyps; alle Unterschiede waren nach Berücksichtigung von Geschlecht, Schultyp und freier Schulspeisung (Sozialfaktor) nicht mehr signifikant.</p>

Ort/Region	Methoden	Ergebnisse
<p>London, England Matsui et al. 2004</p> <p>138 4.Klässler</p>	<p>Leseverständnis: England Suffolk Scale; 70 Verständnisfragen</p> <p>Kurz- und Langzeit-Gedächtnis: Über Kopfhörer 2 Geschichten vorgespielt; unmittelbar danach Erinnertes aufschreiben (Kurzzeit), nach weiteren 30 min andere Aufgaben nochmals Aufschreiben, was erinnert wird (Langzeit).</p> <p>Aufmerksamkeit: Tests Everyday Attention for Children; Punkteerreicherung bei Computerspiel</p>	<p>Sign. dosisabhängige Zusammenhänge zu Gedächtnisleistungen, auch nach Korrektur für verschiedene soziodemographische Faktoren und Fluglärm an der Schule</p> <p>Kein sign. Unterschied in Aufmerksamkeit, Leserverständnis und Erkennen</p>
<p>RANCH London; Amsterdam; Madrid Stansfeld et al. 2005</p>	<p>Leseverständnis: England Suffolk Scale; 70 Verständnisfragen</p> <p>Gedächtnis: Kurz- und Langzeit; Abruf und Wiedererkennung</p> <p>Aufmerksamkeitstest nach Toulouse Pieron</p>	<p>Sign. assoziiert: Belästigung, geringeres Leseverständnis, geringere Wiedererkennung (recognition) (auch nach Adjustierung für Alter, Geschlecht, sozioökonomischen Status, Bildung der Mutter)</p>

Im Folgenden sollen die Ergebnisse der einzelnen Studien orientierend zusammengefasst werden.

Die erste größere Studie war die im Umfeld des **Flughafens Los Angeles** im Jahr 1977 durchgeführte Querschnittstudie (Cohen et al. 1980) mit einem Follow-up im Jahre 1978 (Längsschnittstudie, Cohen et al. 1981) zu Auswirkung von Fluglärm auf die kognitiven Fähigkeiten (und den Blutdruck, siehe Seite 97) von Kindern. In der Erstuntersuchung wurden 142 Viertklässler aus 4 stark mit Fluglärm belasteten Schulen mit mittleren Lärmpegeln von 74 dB und Maximalpegel bis 95 dB im leeren Klassenraum gemessen (!) mit 120 Kindern aus drei nicht fluglärmbelasteten Schulen mit mittleren Lärmpegeln von 56 dB im leeren Klassenraum verglichen. Die Untersuchungen selbst wurden in lärmgeschützten Caravans durchgeführt. Es mussten zwei Puzzles in gegebener Zeit gelöst werden, dabei wurde die Motivation und Durchhaltefähigkeit untersucht. Weiterhin wurde die Aufmerksamkeit getestet (Ausstreichen des Buchstabens e aus einem Text während Lärmbeschallung über Kopfhörer) und das Sprachverständnis überprüft (über Kopfhörer zugespielte Wortpaare mussten unterschieden werden (sick-thick etc.)). Es ergaben sich deutlich **schlechtere Leistungen beim Sprachverständnis, der Aufmerksamkeit und beim Lösen der Puzzles**, die Unterschiede wurden mit zunehmender Dauer des Besuchs der jeweiligen Schule größer. Das schlechtere Abschneiden und frühere Aufgeben beim Lösen der Puzzles wurde von den Autoren als Ausdruck geringerer Motivation gewertet („Hilflosigkeitshypothese“). Bis zur Nachuntersuchung waren ein Teil der fluglärmbelasteten Klassenräume lärmsaniert worden, was einen gewissen Verbesserungseffekt auf die Schulleistung zur Folge hatte; insgesamt wurden die Befunde der ersten Untersuchung aber bestätigt (Cohen 1980 und 1981).

1991 bis 1993 wurde im Umfeld des **Flughafens München** die Auswirkung der Inbetriebnahme eines neuen Flughafens in einer zuvor nicht fluglärmbelasteten Gegend u.a. auf die kognitiven Fähigkeiten von 326 Kindern (Response 22%) untersucht. Die Fluglärmbelastung der Belastungsgruppen lag über 60 dB(A) 24h, die der Kontrollgruppen bis 55 dB(A) (Ausnahme Kontrollgruppe alter Flughafen zu Beginn 59 dB(A)). Es mußten – analog der Untersuchung in Los Angeles – **Puzzles gelöst** werden; in allen Belastungs- und Kontrollgruppen verbesserten sich die Kinder bis zur ersten Nachuntersuchung, verschlechterten sich aber bis zur zweiten Nachuntersuchung – mit Ausnahme der Kontrollgruppe um den neuen Flughafen, die sich weiter verbesserte. 18 Monate nach Eröffnung des neuen Flughafens erreichten die jetzt fluglärmbelasteten Kinder das schlechteste Ergebnis. Dies wurde als Bestätigung der Hilflosigkeitshypothese (s.o.) gewertet (Bullinger et al. 1999). Weiterhin wurde die **Leseleistung** (Liste schwieriger Wörter und schwieriger Text) und das Kurz- und Langzeitgedächtnis (Erinnern einer Geschichte sofort und am nächsten Tag) untersucht. Bei allen diesen Tests wiesen die verschiedenen Gruppen zu Beginn unterschiedliche Werte auf – z.B. schlechtere Leistung bei der Lesefähigkeit der späteren Belastungs- und Kontrollgruppe als der ursprünglich durch Fluglärm belasteten Gruppe, die ursprüngliche Kontrollgruppe wies generell zunächst die besten Ergebnisse auf. Im weiteren Verlauf verbesserten sich alle Gruppen deutlich, am wenigsten die ursprünglich beste Kontrollgruppe im Umfeld des alten Flughafens. 18 Monate nach Eröffnung des neuen Flughafens waren die **Leseleistung und das Langzeitgedächtnis** der neuen Belastungsgruppe mehr als in anderen Gruppen beeinträchtigt. Beides hatte sich aber in der früher fluglärmbelasteten Gruppe nach Verlegung des Flughafens deutlich verbessert (Hygge et al. 2002).

1996/1997 wurden im Umfeld des **Flughafens London Heathrow** mehrere schulbasierte Untersuchungen zur Auswirkung der Fluglärmbelastung auf 9-10 Jahre alte Schulkinder vorgenommen. Zunächst wurden 340 Kinder (Response 82%) untersucht, je die Hälfte aus fluglärmbelasteten Schulen (> 66 dB(A) 16 h) und nicht fluglärmbelasteten Schulen (< 57 dB(A) 16 h). Die mit einem

Fragebogen für Kinder und Lehrer erhobene Motivation unterschied sich nicht zwischen den Gruppen, d.h. mit dieser Methode wurden die Untersuchungen aus Los Angeles und München nicht bestätigt. Aber auch hier zeigten sich Zusammenhänge zwischen Fluglärmbelastung und dem **Verständnis schwieriger Texte** (Suffolk Reading Skale) sowie dem Langzeitgedächtnis – nicht dem Kurzzeitgedächtnis (Haines et al., 2001a). Bei der Nachuntersuchung von 271 Kindern (81% der Ursprungsgruppe) ein Jahr später ergaben sich Hinweise, dass die fortdauernde Lärmbelastung das Leseverständnis zunehmend beeinflusst, dass diese Leistung aber eindeutig von sozioökonomischen Faktoren überlagert wird. In dieser Untersuchung war Fluglärm mit schlechterer Aufmerksamkeit assoziiert (Haines et al. 2001b). Auch in einer weiteren Untersuchung mit 451 Kindern aus je 10 fluglärm-belasteten und nicht fluglärm-belasteten Schulen konnte der Einfluss des Fluglärms auf das **Verstehen schwieriger Texte** bestätigt werden, auch nach Kontrolle sozioökonomischer Einflussvariablen. Fluglärm war aber nicht assoziiert mit dem Kurz- und Langzeitgedächtnis, der Aufmerksamkeit und dem Leseverständnis insgesamt (Haines et al. 2001c).

Bei ihrem zusammenfassenden Vergleich der drei großen Studien – **Los Angeles, München und London** – stellten Matheson et al. (2003) fest, dass die Studien aus Los Angeles und München beide konsistent eine Beeinträchtigung der **Motivation** durch Fluglärm gezeigt haben. Sie betonen, dass sowohl die Münchner als auch die Londoner Untersuchungen die gleichen Ergebnisse beim Leseverständnis erbracht haben, nämlich die **Beeinträchtigung der Lesefähigkeit schwieriger Texte** - und nur der schwierigen – durch Fluglärm. Die in der Münchner Untersuchung gefundene Wirkung von Fluglärm auf das Langzeitgedächtnis halten sie für plausibel und – in der Längsschnittuntersuchung – auch für kausal, sie weisen jedoch darauf hin, dass eine solche Wirkung erstaunlicherweise in der Londoner Untersuchung nicht feststellbar war. Was die **Aufmerksamkeitstests** angeht, stellen sie fest, dass alle Untersuchungen negative Zusammenhänge zu Fluglärm aufgezeigt haben, dass die Studien aus Los Angeles darüber hinaus Hinweise darauf erbracht haben, dass die Unterschiede geringer werden. Dies könnte ein Hinweis auf Anpassung an die Fluglärmbelastung sein, müsse aber dringend weiter untersucht werden (Matheson et al. 2003).

Bei den Kindern der o.g. 10 fluglärm-belasteten Schulen im Umfeld des Flughafens **London Heathrow** (Haines et al. 2001c) wurden in einem weiteren Schritt der Einfluss der Fluglärmbelastung in deren Wohnumfeld untersucht (< 63; 63-66 und > 66 dB(A) 16h): hier zeigten sich keine signifikanten Unterschiede in Aufmerksamkeit, Leserverständnis und Erkennen, jedoch signifikante dosisabhängige Zusammenhänge zu **Gedächtnisleistungen**, auch nach Korrektur für verschiedene soziodemographische Faktoren.

Einen ganz anderen Zugang hatten Haines et al. 2002 gewählt, als sie die Schulnoten von ca 11.000 6.Klässlern aus **London** untersuchten im Hinblick auf die Fluglärmbelastung an ihren Schulen (< 54 bis > 69 dB(A), in 3dB(A) Intervallen gruppiert). Insgesamt wurden Hinweise auf Assoziationen zwischen chronischer Fluglärmbelastung und der **Schulleistung** der Kinder beim **Lesen und Rechnen** gesehen (besonders in den obersten Lärmgruppen > 69 dB(A)), nicht jedoch bei anderen Schulleistungen. Doch waren diese Assoziationen von anderen Faktoren wie Geschlecht, Schultyp (staatlich/kirchlich) und Sozialfaktoren (z.B. freie Schulspeisung als Indikator) überlagert und nach Berücksichtigung dieser Faktoren nicht mehr signifikant (Haines et al. 2002).

Die bislang umfassendste Untersuchung zum Einfluss von Flug- (und Straßenverkehrs)-lärm auf kognitive Fähigkeiten von Kindern ist die multizentrische **RANCH-Studie** (**R**oad traffic and **a**ircraft noise exposure and children's **c**ognition and **h**ealth: exposure-effect relationships and combined

effects). In den Jahren 2001/2003 wurden insgesamt 2844 etwa 10 Jahre alte Kinder aus 89 Grundschulen im Umfeld der **Flughäfen London, Amsterdam und Madrid** untersucht. Die mittlere Fluglärmbelastung an den Schulen der Londoner und der Amsterdamer Kinder lag über den Mittelwerten der Fluglärmbelastung der Madrider Kinder (52 und 54 dB(A) vs. 43 dB(A), 16h), bei der Straßenlärmbelastung waren die Kinder aus Amsterdam und Madrid stärker betroffen als die aus Amsterdam (53 vs. 48 dB(A) 16h). Die Stärke dieser Untersuchung liegt nicht nur darin, in verschiedenen Ländern mit möglichst identischen Untersuchungsmethoden Effekte des Verkehrslärms auf die kognitiven Fähigkeiten der Kinder zu untersuchen, sondern auch darin, möglichst viele weiteren Einflussfaktoren zu berücksichtigen, von der Dichtigkeit der Fenster bis hin zu einer Fülle von Sozialfaktoren wie Beschäftigungsstatus der Eltern, Wohnungsdichte, Muttersprache zu Hause; Bildungsstand der Mutter und auch der Unterstützung der Eltern bei den Schularbeiten der Kinder. In dieser großen Untersuchung wurden keine signifikanten Zusammenhänge zwischen Fluglärmbelastung und Aufmerksamkeit sowie Gedächtnisleistungen gefunden, aber die signifikant negative Auswirkung auf das **Leseverständnis schwieriger Texte** (Suffolk Reading Scale, 15 schwierigste Fragen) wurde eindeutig bestätigt – auch nach Korrektur für die genannten Einflussfaktoren (Standfeld et al. 2005). Bei enger Korrelation zwischen Fluglärm an der Schule und an der Wohnung wurden ebenfalls enge Assoziationen zwischen Fluglärm an der Wohnung und dem Leseverständnis der Kinder gefunden, allerdings zeigte sich hier keine zusätzliche Leistungsminderung durch Fluglärm an der Wohnung, wenn der Fluglärm an der Schule berücksichtigt wurde (Clark et al. 2006).

In der Zusammenschau der publizierten umfangreichen Untersuchungen zum Einfluss des Fluglärms auf die kognitive Leistungsfähigkeit von Kindern ergeben sich übereinstimmend Hinweise auf eine beeinträchtigte Motivation (Hilflosigkeitshypothese) und auf eine Beeinträchtigung beim Verständnis schwieriger Lesetexte, letztere auch nach Berücksichtigung weiterer wichtiger Einflussfaktoren wie sozioökonomische Faktoren, Bildung der Eltern etc. Demgegenüber wiesen die Untersuchungen des Kurz- und Langzeitgedächtnisses, der Aufmerksamkeit etc. keine Übereinstimmung in den einzelnen Studien auf und waren von anderen Faktoren offenbar erheblich (mehr) beeinflusst.

5. Übersichtsartikel Fluglärm und Kinder

Zur Frage der Auswirkung einer Fluglärmbelastung auf die Gesundheit von Kindern können drei publizierte Übersichtsartikel (Reviews) vorgestellt werden:

Morrell et al. haben 1997 in einem Review zu den gesundheitlichen Auswirkungen von (Flug)lärm auf Kinder festgestellt:

1. Studien zu perinatalen Effekten von Fluglärm (Schwangerschaftsdauer und Geburtsgewicht) sind wegen methodischer Schwächen nicht eindeutig zu bewerten.
2. Es gibt Hinweise dafür, dass Fluglärm die **Motivation** von Kindern für schwierige Aufgaben einschränkt (Hilflosigkeitshypothese) und dass fluglärmbelastete Kinder eher gestört sind als andere. (Kommentar UH: Morrell bezieht sich dabei auf die Studien von Cohen et al. Die Studien von Haines et al. 2001a-c, 2002, Bullinger et al. 1998; Hygge et al. 2002; Stansfeld et al. 2005 waren noch nicht publiziert).
3. Es gibt Hinweise, dass fluglärmbelastete Kinder höhere **Blutdruckwerte** aufweisen als nicht fluglärmbelastete. (Kommentar UH: Auch dies basiert auf den Untersuchungen von Cohen et al. vor den Studien im Umfeld München (Evans et al. 1999), RANCH (van Kempen et al., 2006), Japan (Matsui) und Sydney (Morrell selbst 2003)).

In einem Übersichtsartikel zu den Auswirkungen von Lärm auf die Gesundheit von Kindern fasst **Kawada (2004)** basierend auf einem Standardwerk zu Lärm (Kryter 1994) sowie älteren US-amerikanischen (Cohen et al. 1980 und 1981; Schell und Ando 1991) und japanischen Studien (Ando und Hattori 1973 und 1977) zusammen:

1. Lärm – und insbesondere Fluglärm – führt unter den derzeitigen Belastungen nicht zu Hörstörungen, wohl aber zu erheblicher **Belästigung** und Klage über „Lärm“.
2. Fluglärmbelastung in der Schwangerschaft war in einigen Studien assoziiert mit geringerem **Geburtsgewicht** der Neugeborenen.
3. Lärm Spiegel, die mehr als 70% der 67-72-Jährigen weckten, beeinflussten offenbar nicht den Schlaf von Kindern (0% Aufwachreaktionen).
4. Fluglärmbelastung beeinträchtigt die kognitiven Fähigkeiten (cognitive performance), z.B. **Leseverständnis schwieriger Texte**; diese Wirkung nimmt offenbar mit zunehmendem Schulgrad (Schweregrad) zu.

Matheson et al. (2003) stellen nach Betrachtung dreier Feldstudien – Los Angeles (Cohen et al., 1980 und 1981), München (Bullinger et al. 1999; Evans et al. 1995 und 1998; Hygge et al. 2002) sowie der neuen Londoner Schuluntersuchungen (Haines et al. 2001) – fest: Obwohl diese Untersuchungen in verschiedenen Teilen der Welt mit unterschiedlichen klimatischen und kulturellen Bedingungen und teilweise mit unterschiedlichen Methoden durchgeführt wurden, wurden folgende übereinstimmende Ergebnisse erhalten:

1. In Bezug auf Stress und Gesundheit scheint es so zu sein (would appear), dass Kinder, die chronischem Fluglärm ausgesetzt sind, eine **höhere Rate an Belästigung und höhere Blutdruckwerte** aufweisen.
2. Neuroendokrine Indikatoren (z.B. Stresshormonspiegel, UH) geben Hinweise (some evidence) auf **erhöhte Stressantwort**.

3. Es liegen starke Hinweise (strong evidence) vor, dass die **Motivation beeinträchtigt** sein kann (may be impaired) und dass lärmexponierte Kinder das Gefühl von **Hilflosigkeit** erleben (may experience a sense of helplessness).
4. In Bezug auf kognitive und Schulleistungen (cognitive and performance outcomes) liegen starke Hinweise (strong evidence) vor, dass chronischer Fluglärm **Lesen und Aufmerksamkeit** beeinflusst. Darüber hinaus gibt es Hinweise (some evidence) auf einen Einfluss auf das **Langzeit- und Kurzzeitgedächtnis** (long-term episodic and working memory).

Die seither veröffentlichten neueren Studien aus Australien (Morrell 2003) und Europa (multizentrische RANCH-Studie,) konnten unter Berücksichtigung wesentlicher Einflussfaktoren jetzt keine konsistenten Assoziationen mehr zwischen Fluglärm und Blutdruckwerten von Kindern erhalten. So schreiben van Kempen et al. (2006) in der RANCH-Studie: „Der Zusammenhang zwischen Fluglärm und Blutdruck der Kinder war nicht ganz konsistent: während in der holländischen Gruppe ein signifikanter Einfluss gefunden wurde, war dies bei der britischen Gruppe nicht der Fall. Diese Ergebnisse – im Zusammenhang mit früheren publizierten Studien aus München und London – legen nahe, dass keine eindeutigen Schlussfolgerungen über die Assoziation von Fluglärm und Blutdruck der Kinder gezogen werden können“. Mögliche Erklärungen hierfür könnten sein: bessere Methoden einschließlich Berücksichtigung weiterer Kofaktoren, geringerer Fluglärm, größere untersuchte Gruppe (ältere Untersuchungen Los Angeles und München < 300 Kinder, neuere Untersuchungen > 800 resp. > 1200 Kinder).

Die Autoren der RANCH-Studie stellen fest (Stansfeld et al. 2005): In verschiedenen Studien, einschließlich der multizentrischen RANCH-Studie zeigte sich ein Einfluss des Fluglärms auf das **Leseverständnis** bei Kindern – mit vergleichbaren Ergebnissen über verschiedene Nationen und Kulturen; die Ergebnisse sind stabil, auch nach Berücksichtigung von Kofaktoren wie soziale Unterstützung etc.. Darüber hinaus sind die Ergebnisse zur **Belästigung, Motivation und Langzeitgedächtnis** weitgehend konsistent. Der Einfluss von Fluglärm auf die Belästigung und die Beeinträchtigung der Lebensqualität ist stärker als der von Straßenverkehrslärm. Als Ursache diskutieren Stansfeld et al. die unterschiedliche Lärmqualität (Fluglärm: variabel, wenig vorhersehbar im Gegensatz zu dem konstanteren Straßenverkehrslärm). Es wird darauf verwiesen, dass demgegenüber die Daten zum Einfluss des Fluglärms auf die Aufmerksamkeit und das Kurzzeitgedächtnis aus verschiedenen Studien nicht übereinstimmen, sodaß hier keine klaren Schlüsse gezogen werden können. Ebenso wenig konnte ein Zusammenhang zwischen Fluglärm und allgemeiner Gesundheit gefunden werden – auch wenn in einigen Studien ein Zusammenhang zwischen Fluglärmbelastung und Blutdruckwerten der Kinder nachweisbar waren – allerdings nicht im pathologischen Bereich (kein Krankheitswert).

Anhang

III. Detailbeschreibungen der einzelnen in diesem Bericht dargelegten Studien

Ando Y, Hattori H: Statistical Studies on the Effects of intense Noise during Human Fetal Life. J Sound Vibration (1973) 27: 101-110.

Fragestellung: Einfluss von Fluglärm im Umfeld des Flughafens von Osaka auf die Exzitabilität von Neugeborenen und Säuglingen; Einfluss von Fluglärm auf das Geburtsgewicht.

Methode: Alle Neugeborenen der Region wurden zunächst erfasst; in einem zweiten Schritt wurden die Zuzugszeiten erfasst, d.h. wann die Babies resp. ihre Familien an den jeweiligen Wohnort gezogen sind. Den Müttern wurde im Jahr 1970 ein Fragebogen zugesandt.

Insgesamt 2699 Fragebögen wurden verschickt, 1088 konnten ausgewertet werden (40 %). 350 Fragebögen wurden durch persönliche Interviews mit Müttern in der durch Fluglärm am höchsten belasteten Gegend ergänzt. Darüber hinaus wurden Geburtsdaten verschiedener Jahre nach Wohnort der Mutter ausgewertet. Die Daten aus dem Jahre 1969 umfaßten 12468 Neugeborene unter Fluglärmbelastung, die Vergleichsgruppe ohne Fluglärmbelastung betraf 28171 Neugeborene. Ein weiterer Vergleich wurde angestellt zwischen 8514 Neugeborenen aus der am stärksten fluglärmbelasteten Ortschaft mit 5968 Neugeborenen derselben Ortschaft vor Betrieb des Flughafens (1961-1963).

Fluglärmbelastung: Abschätzung aus Entfernung vom Flughafen in Kombination mit Fluglärmkarten (ECPNL). Fluglärmbelastung < 74 bis > 90 dB.

Ergebnisse: Mütter mussten im Fragebogen angeben, ob ihre Kinder gut schlafen trotz Lärm (Reaktion 1), sich im Schlaf bewegen, unruhiger werden bei Lärm (Reaktion 2) oder aufwachen und weinen bei Lärm (Reaktion 3). Kinder, deren Mütter bereits vor der Schwangerschaft hohem Fluglärm ausgesetzt waren, schliefen ruhiger als Kinder, die erst später in der Schwangerschaft fluglärmexponiert waren; am schlechtesten schliefen die Kinder, deren Mütter erst nach der Geburt in das fluglärmbelastete Gebiet umgezogen waren, diese waren am leichtesten zu wecken und schrieten am meisten; der Korrelationskoeffizient war bei dieser Frage am höchsten. Eine ähnlich gute Korrelation zeigte sich auch bei der Angabe der Mutter zur Lärmbelastung im Wohnumfeld (Korrelationskoeffizient 0,31). Demgegenüber ergaben sich zwischen der tatsächlichen Fluglärmbelastung im Wohnumfeld und den Reaktionen der Neugeborenen keine Zusammenhänge (Korrelationskoeffizient 0,03). Ebenso wenig ergaben sich signifikante Zusammenhänge zum Geburtsgewicht der Kinder – leichte Tendenzen zu höherem Geburtsgewicht bei späterem Zuzug bzw. geringerer Fluglärmbelastung waren erkennbar (Tab. 22).

Je höher die Fluglärmbelastung am Wohnort, desto höher war der Anteil der Kinder mit einem **Geburtsgewicht < 2500 g** (Tab. 23).

Tab. 22 Fluglärmstudie Osaka – Neugeborene – Fragebogenerhebung zu Schlafschwierigkeiten bei Lärm und zum Geburtsgewicht (Ando und Hattori 1973)

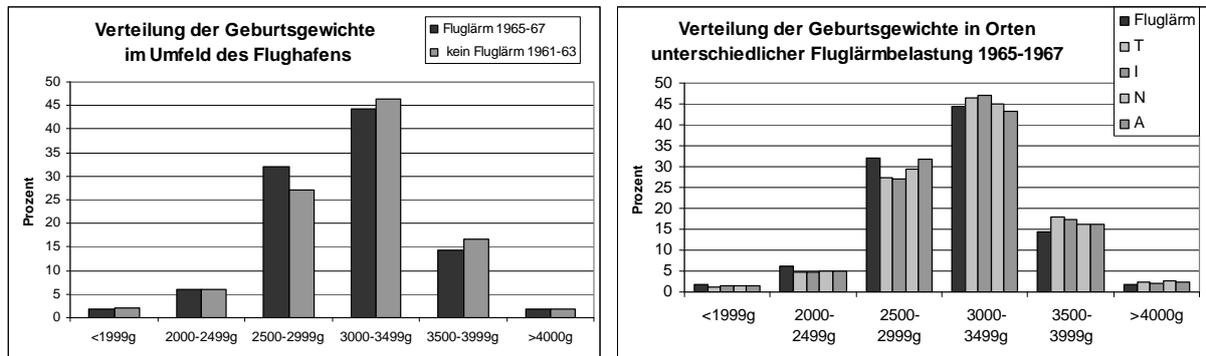
Kategorie	Normalisierte Scores der Erregbarkeit/Aufwachen	Korrelationskoeffizient	Scores zum Geburtsgewicht (mittl. 3135g) in Gramm	Korrelationskoeffizient
Neugeborene aus dem Jahr 1969				
Wohnhaft im fluglärmbelasteten Gebiet:		0,37		0,02
- bereits vor Schwangerschaft	+0,028		0	
- Zuzug in den ersten 5 Schw.-Monaten	-0,016		-10	
- Zuzug nach dem 5. Schw.-Monat	-0,067		+10	
- Zuzug nach der Geburt des Kindes	-0,060		+20	
Fluglärm an der Wohnung (Einschätzung der Mutter)		0,31		0,01
Etwas laut	+0,046		0	
Laut	-0,001		0	
Sehr laut	-0,033		+10	
Fluglärm ECPNL dB		0,03		0,08
<79 dB	+0,019		+370	
80-84 dB	0,000		0	
85-89 dB	0,000		+10	
> 90 dB	-0,009		-85	

Tab. 23 Fluglärmstudie Osaka – Neugeborene – Geburtsgewicht (Ando und Hattori 1973)

ECPNL (dB)	Geburten Anzahl	Geburtsgewicht unter 2500 g	
		Anzahl	Prozent
> 90	269	22	8,2
85-89	4495	343	7,6
80-84	4154	243	5,8
75-79	1751	112	6,4
<74	1799	94	4,8
5 Nachbarstädte – ruhig	28171	1647	5,8

In einer weiteren Auswertung wurden die Geburtsdaten von Neugeborenen aus den Jahren 1965-67 – nach Aufnahme intensiven Flugbetriebs – ausgewertet; es ergaben sich Hinweise zu niedrigeren Geburtsgewichten in dem am höchsten fluglärmbelasteten Ort (Abb. 7 rechts). Retrospektiv wurden die Geburtsdaten aus dem fluglärmbelasteten Gebiet auch für die Jahre 1961-1963, also noch vor Aufnahme des Flugbetriebs, ausgewertet. Es zeigte sich unter Fluglärmbelastung eine Verschiebung hin zu niedrigeren Geburtsgewichten; allerdings wurden hier keine sehr kleinen Geburtsgewichte gefunden (Abb. 7 links).

Abb. 7 Fluglärmstudie Osaka – Neugeborene – Verteilung der Geburtsgewichte bei Neugeborenen in der fluglärmbelasteten Region (vor und nach Aufnahme des Flugbetriebs) (links) sowie der 1965-1967 Geborenen in unterschiedlich fluglärmbelasteten Regionen (rechts) (Ando und Hattori, 1973)



Die Autoren zogen folgende Schlussfolgerungen: Neugeborene von Müttern, die vor der Schwangerschaft oder in den ersten 5 Monaten in das fluglärmbelastete Gebiet zogen, waren wenig oder gar nicht lärmempfindlich; „der Embryo ist möglicherweise nicht unbeeinflusst von Umweltlärm, insbesondere in der ersten Hälfte der Schwangerschaft“. In Abhängigkeit von der Fluglärmbelastung nimmt das Geburtsgewicht Neugeborener ab, ab > 85 dB ist der Unterschied signifikant.

Kommentar: Die leichte Erregbarkeit bzw. Störbarkeit des Schlafs Neugeborener durch (Flug)Lärm wurde von den Müttern angegeben, nicht objektiv untersucht. Es fällt auf, dass die Korrelation zu dem von der Mutter empfundene Lärmbelastigung ähnlich eng ist wie die Korrelation zur bisherigen Wohndauer der Mutter in dem Bereich. Über die von den Autoren angegebene Hypothese hinaus könnte auch die Hypothese aufgestellt werden, dass die erst kürzlich zugezogenen Mütter selbst den (neuen) Fluglärm sehr viel störender empfinden und einerseits selbst gestörter(belästigter) reagieren, was unbewusst dem Kind mitgeteilt wird, andererseits könnte die selbst sehr gestörte Mutter Reaktionen des Neugeborenen intensiver und besorgter wahrnehmen und beschreiben (Mutter-Kind-Dyade).

Aydin Y und Kaltenbach M. Noise perception, heart rate and blood pressure in relation to aircraft noise in the vicinity of the Frankfurt airport. Clin Res Cardiol (2007) 96: 347-58.

Studienziel: Auswertung der subjektiven Lärmwahrnehmung und objektiver Parameter des Blutkreislaufs bei Bewohnern im Umfeld des Frankfurter Flughafens.

Methoden und Teilnehmer: 53 Freiwillige, die „über längere Zeit“ im jeweiligen Ort gewohnt haben und 12 Wochen mitmachen wollten (Ausschluß: häufiges Reisen; Schichtarbeit und oft nicht zu Hause schlafen). Probanden: morgens und abends Blutdruck-Messung und Puls (automatisches Messgerät mit digitalisierter Ablesung); Tagebuch zur Lärmwahrnehmung (leise, mittel, laut) und Schlafqualität (gut, mittel, schlecht). Anamnesefragebogen: Erkrankungen, Medikamenteneinnahmen; Lärmwahrnehmung; Schlafen mit geöffnetem, gekipptem oder geschlossenem Fenster.

Fluglärmaposition: Mittlere Lärm Spiegel wurden den offiziellen Lärmkarten der Hessischen Landesanstalt für Umwelt und Geologie (HLUG) entnommen. In beiden gewählten Studienregionen war die Lärmbelastung tags 5 dB(A) höher als nachts. Tägliche Lärmwerte wurden durch den Flughafenbetreiber zur Verfügung gestellt, ebenso wie die offiziellen Lärmbeschwerden (Fluglärmreport“), 31 Probanden lebten westlich und 22 östlich von Frankfurt; beide Bereiche haben Nachtfluglärm Leq3: = 50 dB(A) außen; falls überflogen wird; bei Nichtüberfliegen: = 40 dB(A). Dies (Leq =50) trifft bei Richtung 25 im Westen (75 % der Zeit) und bei Richtung 07 im Osten (25% der Zeit) zu.

Die Studie startete im Oktober 2002; da es im Dezember sehr kalt war und die Probanden die Fenster meist geschlossen hielten, wurde die Studie zunächst unterbrochen und im April und Mai weitergeführt. Da sich die Probandengewinnung in der „Ostgruppe“ etwas verzögerte, wurde dort bis Juni 2005 untersucht.

Ergebnisse: Im Westen 45 %, im Osten 36 % Männer; im Osten etwas älter 52 vs. 50 Jahre (14-71 Jahre vs. 26-76 Jahre); mittlerer Body Mass Index vergleichbar.

Tab. 24 Fluglärmstudie Frankfurt – Erwachsene – Teilnehmer (Aydin und Kaltenbach 2007)

	West-Gruppe	Ost-Gruppe
	Prozent	Prozent
Allgemeine Lärmempfindlichkeit	65	36
Krankheiten und Medikamente		
Bluthochdruck	26	14
Herzinfarkt	3,2	4,5
Diabetes	3,2	4,5
b-Blocker (Blutdrucksenker)	19,0	0
ACE-Inhibitoren (Blutdrucksenker)	6,5	9,0
Andere Medikamente	23,0	45,5
Keine Medikamente	52,0	45,5
Schlaf- und Rauchgewohnheiten		
Schlafen bei offenem Fenster	13	14
Schlafen bei gekipptem Fenster	68	64
Schlafen bei geschlossenem Fenster	19	23
Raucher	9,7	13,6

Die Probanden im Westen des Flughafens hatten signifikant höhere Blutdruckwerte (+10 mm Hg systolisch und + 8 mm Hg diastolisch. Während der Untersuchungszeit war bei den Bewohnern östlich von Frankfurt eine gute Übereinstimmung mit der Fluglärmwahrnehmung und der tatsächlichen Fluglärmbelastung festzustellen, nicht jedoch bei den westlich von Frankfurt Wohnenden.

Die Untersucher schlossen daraus, dass Menschen, die über drei Viertel der Zeit nächtlichen Fluglärmpegeln von 50 dB(A) ausgesetzt sind, höhere Blutdruckwerte aufweisen als solche, die nur ein Viertel der Zeit entsprechenden nächtlichen Fluglärmpegeln exponiert sind. Die Tatsache, dass nur bei Bewohnern östlich des Flughafens gute Übereinstimmung zwischen der gemessenen Belastung und der Wahrnehmung von Fluglärm nachweisbar war, nicht bei den objektiv höher belasteten Bewohnern im Westen von Frankfurt, bewerten die Autoren als Folge der langfristig höheren Lärmbelastung im Westen, die zu einem höheren Stress insgesamt geführt hatte, weshalb die Änderungen im Lärm nicht mehr wahrgenommen werden.

Babisch W Die NaRoMi-Studie (Noise and Risk of Myocardial Infarction) Auswertung, Bewertung und vertiefende Analysen zum Verkehrslärm. WaBoLu-Heft 02/04. Umweltbundesamt, 2004

Fragestellung: Verkehrslärm und Herzinfarkt (Fokus Straßenverkehrslärm)

Methode: Fall-Kontroll-Studie : Herzinfarktpatienten und nach Alter und Geschlecht „gematchte“ Kontrollpatienten aus 32 Berliner Krankenhäusern wurden von 1998 bis 2001 konsekutiv rekrutiert. Die Untersuchungsstichprobe umfasste insgesamt 4115 Patienten.

Während ihres Krankenhausaufenthaltes wurden standardisierte Interviews zur Belästigung durch verschiedene Umwelt- und Arbeitslärmquellen durchgeführt. Die Belästigung wurde mittels Fragebogen erhoben und entsprach der Fragestellung und Skalierung weitgehend international standardisierter Vorgaben.

Die Straßenverkehrslärmexposition der Probanden außerhalb der Wohnungen wurde auf der Grundlage der Berliner Verkehrslärmkarte bestimmt. „Zur Kontrolle des Einflusses von Lärm durch andere Verkehrslärmquellen (Schienenlärm, Fluglärm) wurde in den multivariaten statistischen Analysen dichotome Variable berücksichtigt, mit denen zwischen Probanden unterschieden wurde, die innerhalb bzw. außerhalb der 60 dB(A)-Konturen um die drei Berliner Flughäfen (Tages-Immissionspegel berechnet nach Fluglärmgesetz mit Halbierungsparameter $q=3$) oder in der Nähe von Eisenbahnlinien wohnten (Schienenverkehrsmodul der Berliner Lärmkarte).

Zur Berechnung relativer Risiken und zur Kontrolle des Einflusses potenzieller Störvariablen auf die Ergebnisse wurden konditionale logistische Regressionsanalysen durchgeführt. Zu den berücksichtigten Störvariablen gehörten die Häufigkeit (Prävalenz) von Diabetes mellitus und von Bluthochdruck, die Familiengeschichte für Herzinfarkte, das relative Körpergewicht, die Rauchgewohnheiten, die Schulausbildung, der Berufsstatus, der Familienstatus, Schichtarbeit, Arbeitslärm und andere.

Ergebnisse: Bei Männern bestand eine Dosis-Wirkungs-Beziehung in Form eines ansteigenden Herzinfarkt-Risikos mit steigender (Straßen)-Verkehrslärmbelastung. Das Odds Ratio für Männer in den beiden höchsten Schallpegelkategorien betrug zusammengenommen $OR = 1,18$ (95%-KI: 0,93-1,49; $p=0,171$) im Vergleich zu denen der Referenzgruppe (Immissionspegel tags außerhalb der Wohnung >65 dB(A) versus < 60 dB(A)). In der Teilstichprobe von Männern, die 10 Jahre lang nicht umgezogen waren, war der Befund statistisch signifikant, allerdings nicht mehr nach Korrektur für Diabetes mellitus, Bluthochdruck und Familienanamnese für Herzinfarkt sowie Rauchen. Zwei unterschiedliche Berechnungsverfahren führten auf Odds Ratios von $OR = 1,33$ (95%-KI: 1,00-1,76; $p=0,046$) und $1,45$ (95%-KI: 1,03-2,05; $p=0,034$) für den Vergleich. Bei den Frauen wurde kein schallpegelabhängiger Zusammenhang mit dem Herzinfarkttrisiko gefunden. – in der Arbeit werden keine Berechnungen zwischen Herzinfarkttrisiko und Fluglärmbelastung angegeben.

Die Fragen der Belästigung am Tage oder in der Nacht durch Straßenverkehrs-, Flug-, Schienenlärm und weitere Lärmquellen wurden weiter ausgewertet.

Tab. 25 Verkehrslärmstudie Berlin - Erwachsene – Verkehrslärm und Herzinfarkttrisiko (NaRoMi)

Lärmbelastigung 5-stufige Skala	Relatives Herzinfarkt-Risiko pro Skaleneinheit Belästigung			
	Frauen Tag	Frauen Nacht	Männer tag	Männer Nacht
Straße	1,03 (0,90-1,18)	0,98 (0,84-1,14)	1,04 (0,97-1,12)	1,10 (1,01-1,20)
Flug	1,13 (0,97-1,32)	1,28 (1,01-1,63)	1,01 (0,93-1,10)	1,05 (0,93-1,19)
Schiene	0,96 (0,78-1,18)	0,94 (0,71-1,24)	0,92 (0,82-1,04)	0,99 (0,84-1,15)
Industrie/Gewerbe	1,11 (0,89-1,39)	1,02 (0,76-1,36)	1,06 (0,93-1,21)	0,91 (0,77-1,08)
Bau	1,05 (0,93-1,20)	1,17 (0,87-1,57)	1,08 (1,00-1,17)	1,10 (0,87-1,39)

Bei Männern war die Belästigung durch Straßenverkehrslärm und bei Frauen die Belästigung durch Fluglärm in der Nacht signifikant mit einem höheren Myokardinfarkt-Risiko verbunden.

Die Autoren schließen daraus: Die Ergebnisse unterstützen die Hypothese, dass chronische Verkehrslärmexposition das Risiko für ischämische Herzkrankheiten erhöht.

Basner M, Buess H, Elmenhorst D et al., DLR Institut, 2004 Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt eV: Nachtfluglärmwirkungen Band 1 Zusammenfassung

Samel A, Isermann U: Aircraft noise effects on sleep: Application of the results of a large polysomnographic field study. J Acoustic Soc Amer (2006) 119: 2772-2784

Im Rahmen des Projekts „Leiser Flugverkehr“ führte das DLR-Institut für Luft- und Raumfahrtmedizin von 1999 bis 2003 umfangreiche Untersuchungen zu Wirkungen nächtlichen Fluglärms auf Testpersonen durch.

Tab. 26 Fluglärmstudien Erwachsene – Übersicht über die Studien des DLR zu Wirkungen auf den Schlaf

		Studie	Personen	Nächte
STRAIN I	Sept. bis Nov. 1999	Labor	128 Probanden:	1664 Nächte:
STRAIN II	Mai bis Juli 2000	Labor	112 Belastete und 16 Kontrollen	1072 Lärmnächte, 592 Nächte ohne Beschallung (An- passung, Kontr.)
STRAIN III	Febr.-April 2001	Labor		
STRAIN IV	März bis Juni 2003	Labor		
STRAIN V	Sept. 2001 bis Mai 2002	Feld *	64 Probanden	576 Nächte
STRAIN VI	Mai 2002 bis Nov. 2002	Feld *		
Summe				2240 Probandennächte

STRAIN: **ST**udies on human specific **R**esponse to **A**ircraft **N**oise

Probandenauswahl: mehrstufiges Auswahlverfahren mit Eingangsfragebogen, FPI-Fragebogen zur psychologischen Eignung (u.a. keine übermäßige Antworttendenz im Sinne der sozialen Erwünschtheit), medizinischer Voruntersuchung (Anamnese, körperliche Untersuchung, EKG, Blut- und Urinproben, Hörtest), konstante Leistungen nach 40 Trainingssitzungen des Computer-Leistungstests, Alter 18-65 Jahre, altersentsprechend schlafgesund; „normale“ Schlafgewohnheiten (über 6 und unter 10 h), annähernd normales Hörvermögen; keine Herzrhythmusstörungen, keine Medikamente mit zentral dämpfender Wirkung, keine Suchtmittelerkrankung; der deutschen Sprache mächtig.

Laborstudien: 128 Probanden während 13 aufeinander folgender Nächte im Labor untersucht und Messungen von 23- 7 Uhr durchgeführt.

Erste Nacht Anpassungsnacht, 2. Basisnacht; 3.-11. Versuchsnächte mit Fluglärm-einspielungen; 12.- und 13. Erholungsnacht ohne Lärm; 112 Belastungspersonen, 16 Kontrollpersonen ohne Lärmeinspielung.

Nächte 3-11: von 23:15 Uhr bis 6:45 Uhr wurden zwischen 4 und 128 Geräusche von startenden und landenden Flugzeugen mit Maximalpegeln LAS, max zwischen 50 und 80 dB(A).

Schalldruckpegel wurde während der Nächte kontinuierlich mit einem Mikrofon aufgezeichnet um zu kontrollieren, ob die Fluggeräusche auch tatsächlich in allen Schlafräumen zum vorgesehenen Zeitpunkt eingespielt wurden. Außerdem konnten so auch laut schnarchende Personen identifiziert werden. Triggersignal für ereigniskorrelierte Auswertung mit zeitlicher Auflösung bis 125 msec.

Feldstudien: Probanden aus dem Köln-Bonner Flughafenumfeld mit möglichst hoher Fluglärmbelastung und möglichst geringer Belastung durch anderen Verkehrslärm.

Es wurde ausschließlich der Fluglärm gemessen, der durch den Flugverkehr des Köln-Bonner Flughafens hervorgerufen wurde, d.h. es wurde kein zusätzlicher Fluglärm eingespielt. Gleichzeitige Messungen mit drei Schallpegelmessern: einmal Außengeräusche in 2m Entfernung vor dem Fenster, zweimal für Innengeräusche möglichst nah am Ohr des Schlafers.

Folgende Untersuchungen wurden durchgeführt:

Elektrophysiologie:

EEG (Elektroencephalogramm, d.h. Untersuchung der Hirnströme)

EOG (Elektrookulogramm, d.h. Untersuchung der Augenbewegungen, hier beider Augen)

EMG (Elektromyogramm, d.h. Untersuchung der Muskelbewegungen, hier der Kinnmuskulatur)

EKG (Elektrokardiogramm, d.h. Untersuchung der Reizleitungen am Herzen)

Fingerpulsamplitude

Atmung (Erfassung der Atmung durch Brustband und einen Thermistor)

Veränderung der Position im Bett (Bewegung) (Lagesensor am Brustband)

Klinisch-chemische Methoden:

Ausscheidungsraten der Stresshormone Cortisol, Adrenalin und Noradrenalin im Morgenurin (d.h. nach der Nacht), in den Laboruntersuchungen zusätzlich ein Abendurin um 23 Uhr.

Leistungstests:

AGARD-STRES-Batterie:

Einzelreaktionsaufgabe (Single Reaction Time – SRT),

Erinnerungs- und Suchaufgaben mit 4 Buchstaben (Memory Search Task – MS4)

Erinnerungs- und Suchaufgaben mit 6 Buchstaben (Memory Search Task – MS6)

Auge-Hand-Koordinierungsaufgabe (Unstable Tracking Task – UTT)

Alle Tests jeweils abends 2 h vor dem Zu-Bett-Gehen und morgens (nach dem Wecken und Aufstehen zur gleichen Zeit.)

Psychologie:

Erfassung von Veränderungen des subjektiv empfundenen Schlafenerlebens, der Belästigung, Befindlichkeit, Beanspruchung und Erholung in Abhängigkeit von der Fluglärmexposition; standardisierte Fragebögen:

Fatigue Checklist FAT

Fluglärmfragebogen FNL

Mehrdimensionaler Befindlichkeitsfragebogen MDBF

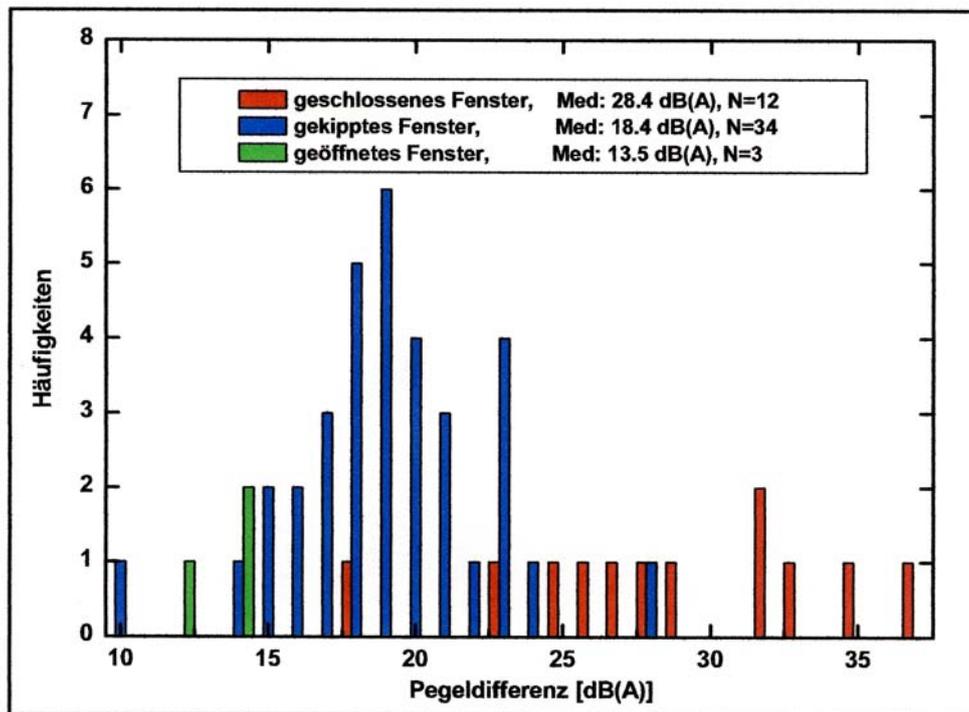
Erholungs- und Belastungsfragebogen EBF

Alle Ergebnisse wurden in Relation zu den physikalischen Fluglärmparametern (Maximalpegel, Dauerlärm, Anzahl der Flugereignisse) gesetzt, um Dosis-Wirkungsbeziehungen zwischen akustischer Belastung und resultierender Reaktion aufzuzeigen.

Akustik-Ergebnisse der Feldstudien:

14 Monate Untersuchung ; 394 Nächte in denen sowohl Außen- als auch Innenpegel vorlagen. Maßgeblich für die Auswertung war der Innenpegel am Kopfende des Bettes. In diesen 394 Nächten wurden 16102 Flugzeuge gezählt (d.h. 40,9 pro Nacht, gemittelt über die Woche), davon 14 247 „ungestörte“, d.h. nicht von anderen Geräuschen überlagerte; 12256 Autos (11653 ungestörte), 239 Motorräder (217 ungestörte) und 127 LKW (120 ungestörte).

Abb. 8 DLR-Studie - Erwachsene - Feldstudie – Häufigkeitsverteilung der Fluglärmmaximalpegel außen (2m vor der Hauswand) und innen (am Ohr des Schläfers), gemittelt über 394 Nächte (Basner et al., 2004)



Im Vergleich zu den Außenmesswerten der Lärmbelastung waren im Innenraum die Lärmpegel geringer: im Median um 28,5 dB(A) bei geschlossenem Fenster, 18,4 dB(A) für die gekippten und 13,5 dB(A) für die geöffneten Fenster. Die mittleren Außenmesspegel (0-6 Uhr) lagen in den verschiedenen Jahreszeiten zwischen 53 und 55 dB(A), die mittleren Innenmesspegel zwischen 34 und 37 dB(A).

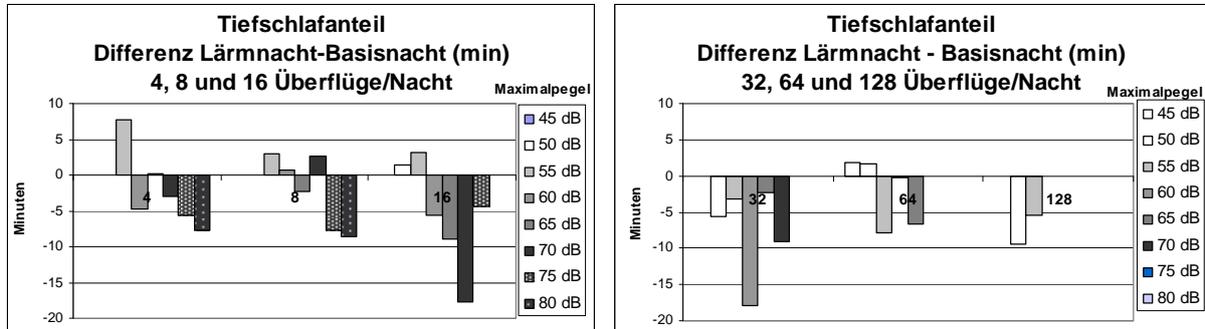
Ergebnisse der Labor- und Feldstudien

Gesamtschlafzeit und Tiefschlafanteil

Laborstudie: Die Gesamtschlafzeit betrug in den Lärmnächten im Mittel 7 Stunden und 24,5 Minuten und war im Mittel um 1,8 min niedriger als in den Basisnächten (nicht signifikant). Der Tiefschlafanteil war im Mittel um 4,1 Minuten kürzer (nicht signifikant). Abb. 9 zeigt die Änderungen der Tiefschlafanteile in Abhängigkeit von der eingespielten Maximalbelastung (45-80 dB) und der Zahl der eingespielten Überflüge pro Nacht (4-128). Bei bis zu 16 Überflügen pro Nacht und Maximalbelastungen bis zu 55 dB wurde keine Verkürzung, sondern eine leichte Zunahme des Tiefschlafanteils festgestellt. Bei zunehmender Lärmbelastung und zunehmenden Überflugereignissen

war jedoch stets eine Abnahme des Tiefschlafanteils zu beobachten. Alle Änderungen erreichten nicht das Signifikanzniveau.

Abb. 9 DLR-Studie – Erwachsene – Laborstudie: Änderung des Tiefschlafanteils in Abhängigkeit von der Anzahl und der maximalen Lärmbelastung der eingespielten Überflüge (Basner et al., 2004)



Feldstudie: In der Feldstudie gab es keine Nacht ohne Fluglärmgeräusche, sodaß die vier am stärksten durch Fluglärm belasteten mit den vier am geringsten belasteten Nächten verglichen wurden. Die Anteile der Schlafstadien variierten um +/- 4 Minuten. Es ergaben sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den stark und wenig stark fluglärmbelasteten Nächten, auch nicht nach Auswertung der Maximalpegel am Ohr des Schläfers > 35 dB – weder bei Fluglärm oder bei Verkehrsgeräuschen alleine, noch in der Gesamtbewertung.

Aufwachreaktionen

Laborstudie: Als Kriterium des Aufwachens diente die „Aufwachreaktion“, charakterisiert durch EEG- und EMG-Aktivierungen, die mindestens 15 sec andauern und damit auch zu einem Wechsel der Schlaftiefe führen. Die meisten Aufwachreaktionen sind weniger 45 sec lang und damit zu kurz, um am nächsten Tag erinnert zu werden. Die Aufwachwahrscheinlichkeit nahm mit zunehmender eingespielter Geräuschbelastung deutlich zu (nicht linear); in der logistischen Regression ergab sich bei 45 dB(A) eine Aufwachwahrscheinlichkeit von 11 %, bei 80 dB(A) eine von 65 %.

Die Aufwachwahrscheinlichkeit im Labor war zusätzlich abhängig von verschiedenen weiteren Einflussfaktoren, wie z.B:

Akustischen Variablen:

- mit zunehmender Anzahl der Fluggeräusche abnehmend, Effekt war für laute Flugzeuge stärker als für leise
- mit zunehmender Dauer der einzelnen Geräuschbelastung abnehmend
- mit zunehmender Dauer des lärmfreien Intervalls zunehmend

Situativen Variablen:

- Mit Zunahme der Schlaftiefe abnehmend, d.h. Schlafstadium: S 2 > REM > S3 > S4
- Mit zunehmender Anzahl der bereits durchgemachten Testnächste abnehmend (Gewöhnung)
- Mit zunehmender Entmüdung zum Morgen hin zunehmend
- Unabhängig vom Grad der Ermüdung, erfragt mit dem Fatiguefragebogen (FAT) vor dem Zu-Bett-Gehen

Individuelle Variablen:

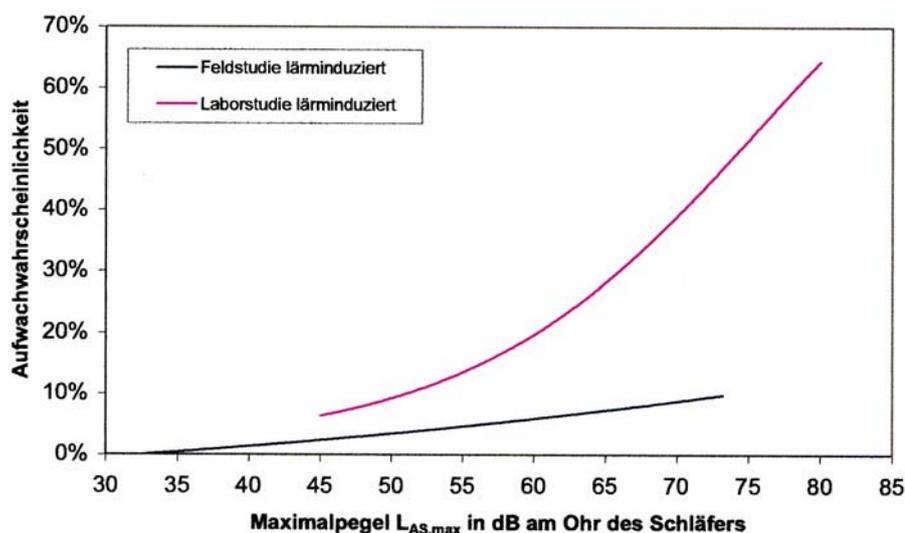
- Männer wachten weniger auf als Frauen (20,1 % vs. 21,4%)

- Personen im Alter von ca. 45 Jahren reagierten am unempfindlichsten (Gegensatz zu Passchier-Vermeer et al.,)
- Stärker durch Fluglärm Vorbelastete (nicht Vorbelastete) reagierten empfindlicher.

Feldstudie: Im Gegensatz zur Laborstudie herrschten in den Feldstudien keine standardisierten Bedingungen vor; angesichts eines relativ konstanten Grundlärmpegels von 30 dB(A) in den Schlafräumen wurde das Hervortreten eines Geräusches aus dem Hintergrundgeräusch, die Emergenz, untersucht.

Die Reaktionswahrscheinlichkeit war in der Feldstudie deutlich geringer als in der Laborstudie (s. Abb. 10). Der höchste im Schlafraum gemessene Maximalpegel lag bei 73,2 dB(A), hier wurde eine Aufwachwahrscheinlichkeit von 19 % beobachtet (Vergleich Labor: 47,4%). Erst bei Maximalpegeln über 35 dB(A) kam es zu einer Zunahme der unter Fluglärm beobachteten im Vergleich zu den spontan beobachteten Aufwachreaktionen.

Abb. 10 DLR-Studie – Erwachsene – Aufwachwahrscheinlichkeit in Abhängigkeit vom Maximalpegel im Schlafraum – Vergleich Labor- und Feldstudien (logistische Regression mit Zufallseffekten) (Basner et al. 2004)



Weitere untersuchte Einflussfaktoren auf die Aufwachwahrscheinlichkeit in der Feldstudie:

Akustische Variable:

- Aufwachwahrscheinlichkeit bei geringer Lärmbelastung 1 min vor dem Fluggeräusch höher
- Aufwachwahrscheinlichkeit bei kurzen Geräuschen mit starkem Pegelanstieg höher
- Deutlich geringer ausgeprägte Gewöhnung als in der Laborstudie (s.o.)

Situative Variable:

- In Abhängigkeit von der Schlafentiefe abnehmend, d.h. Schlafstadium: REM > S 2 > S3 > S4 (anders als im Labor, s.o.)
- Mit zunehmender Entmüdung zum Morgen hin zunehmend (wie in Laborstudie)
- Keine Abhängigkeit von Nummer der Untersuchungsnacht (kein Hinweis auf Gewöhnung), Temperatur und Luftfeuchtigkeit im Schlafraum

Individuelle Variable:

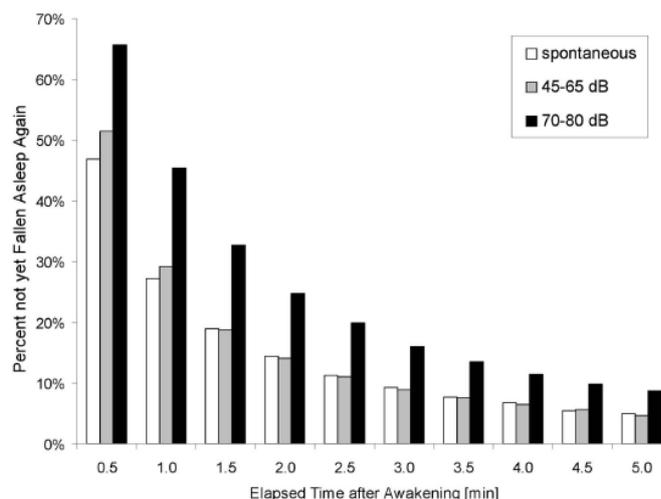
- Kein Einfluss von Alter, Geschlecht, subjektiver Vorbelastung (im Gegensatz zur Laborstudie) oder der subjektiv angegebenen Müdigkeit vor dem Zu-Bett-Gehen.

Die Beobachtung deutlich geringerer Aufwachwahrscheinlichkeiten in der Feldstudie als im Labor stimmt mit verschiedenen anderen Publikationen überein. Als Ursache wird diskutiert, dass die Feldstudienteilnehmer in ihrer vertrauten Umgebung waren und an die spezielle häusliche Geräuschsituation gewöhnt waren.

Aufwachdauer und Wiedereinschlafen

Die Aufwachdauer, d.h. die Dauer nach dem Erwachen bis zum Wieder-Einschlafen wurde in der Laborstudie eingehender untersucht. Bei Fluglärmgeräuschen unter 65 dB(A) unterschied sie sich nicht von der Aufwachdauer nach spontanen Aufwachreaktionen; bei höheren Fluglärmbelastungen wurden jedoch längere Aufwachdauern gesehen (Abb. 11). Generell nahmen die Aufwachdauern bzw. die Zeitspannen bis zum Wiedereinschlafen in der zweiten Nachthälfte zu – unabhängig von der Aufwachursache.

Abb. 11 DLR-Studie – Erwachsene – Labor - Aufwachdauer in Abhängigkeit vom Aufwachereignis (spontan, Fluglärmbelastung 45-65 dB, Fluglärmbelastung 70-80 dB) (Basner und Samel 2006)



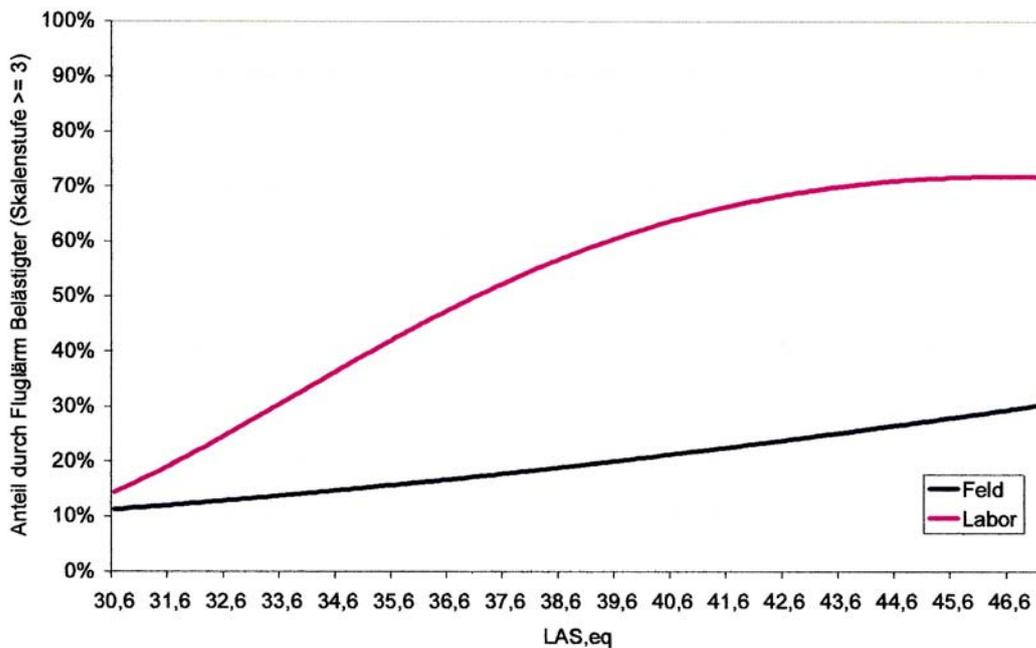
Psychologie und Belästigung

Es fanden sich keine signifikanten Dosis-Wirkungsbeziehungen zwischen Fluglärmbelastung und Ermüdung (FAT), Befindlichkeit (MDBF) und Beanspruchung (EBF), aber signifikante Assoziationen zur Belästigung. In den Laborstudien wurde signifikant häufiger eine stärkere Belästigung durch Fluglärm berichtet als in den Feldstudien (Abb. 12).

Mittels logistischer Regressionsmodelle, die nicht nur Häufigkeit und Stärke der Fluglärmbelastung, sondern auch die weiteren Einflussfaktoren (eingestufte Gesundheitsschädlichkeit, VermeidB(A)rkeit und Notwendigkeit des Flugverkehrs, allgemeine Faktoren (Einstellung zum Flugverkehr, Gesundheitsgefährdung durch Fluglärm) und personale Faktoren (Vorbelastung durch Fluglärm, Lärmempfindlichkeit, Gewöhnung an Fluglärm, Alter, Geschlecht) berücksichtigen, wurden labor- und

feldspezifische Dosiswirkungskurven für den vorhersagbaren Anteil durch Fluglärm Belästigter (Skalenstufe 3-5) angeleitet (Abb. 12).

Abb. 12 DLR-Studie – Erwachsene – durch Labor- und feldspezifische Regressionsmodelle vorhergesagter Anteil durch Fluglärm Belästigter (Skalenstufe 3-5) in Abhängigkeit vom energieäquivalenten Dauerschallpegel LAS, eq (Basner et al. 2004)



Stresshormone:

Die Untersuchung der Stresshormone (Adrenalin, Noradrenalin und Cortison) erbrachten keine konsistenten Ergebnisse; Adrenalin und Noradrenalin waren offenbar nicht mit der Fluglärmbelastung in der Labor - und in der Feldstudie assoziiert. Cortisol zeigte in der Laborstudie eine Abhängigkeit von der Fluglärmbelastung, nicht in der Feldstudie. Dort war ein möglicher Effekt offenbar durch andere Einflussfaktoren überlagert (u.a. waren wegen des Tagesgangs der Cortisolausscheidung und späteren Aufstehzeiten am Wochenende höhere Cortisolausscheidung messbar bei geringerer Fluglärmbelastung). Es wurde diskutiert, dass eine einmalige Probenahme am Ende der Nacht (Sammelprobe) möglicherweise zu unempfindlich ist, um Lärmeffekte sicher zu messen.

Leistung:

Unter der Hypothese, dass Lärm den Schlaf beeinträchtigt und dadurch auch die Leistung am nächsten Tag beeinträchtigt, wurden Leistungsparameter erfasst; die Testmethoden und Ergebnisse sind in der nachfolgenden Tabelle zusammengefasst. Insgesamt konnte kein Einfluss des Fluglärms auf die Testergebnisse festgestellt werden. Die Autoren stellen fest, dass bei der geringen Verminderung der Gesamtschlafzeit kaum zu erwarten ist, dass eine signifikante Beeinträchtigung der Leistung eintritt.

Tab. 27 DLR-Studie – Erwachsene – Leistungstests und nächtliche Fluglärmbelastung (Basner et al. 2004)

Test	Methode	Was wird getestet?	Einfluss der Lärmbelastung in der vorangegangenen Nacht?
Einzel-Reaktions-Aufgabe (SRT, Single, Reaction Test)	Auf Bildschirm wird ein Reiz angeboten, auf den so schnell wie möglich reagiert werden muss	Aufmerksamkeit und Vigilanz	Kein Einfluss (Labor und Feld)
Nachführungsaufgabe (UTT, unstable Tracking Task)	Auf Bildschirm muss ein Cursorbalken, der vom Programm zur Seite ausgelenkt wird, mittels eines Joysticks in der Mittelposition gehalten werden	Hand-Auge-Koordination, Feinmotorik	Kein Einfluss (Labor und Feld)
Gedächtnissuche (MST, Memory Search Test)	4 bzw. 6 gelernte Buchstaben müssen aus am Bildschirm angegebenen Buchstaben möglichst rasch und korrekt erkannt werden	Höhere mentale Funktionen	Kein Einfluss (Labor und Feld)

Schlussfolgerung der Autoren: Es fanden sich signifikante Assoziationen zwischen dem energie-äquivalenten Dauerschallpegel der Fluggeräusche und dem Anteil der Versuchspersonen, die sich mittel bis stark durch Fluglärm belästigt fühlten. Der Belästigungsgrad war im Feld erheblich kleiner als im Labor, auch bei Zugrundelegung vergleichbarer äquivalenter Dauerschallpegel. ... Im Labor wurden beim Vergleich aller Lärmnächte mit den lärmfreien Basisnächten eine Verkürzung der Schlafzeit um 2 min und insbesondere eine Verkürzung des Tiefschlafanteils gefunden (nicht signifikant). ... Aufwachreaktionen wurden im Feld oberhalb einer Schwelle von etwa 33 dB(A)-gemessen am Ohr des Schläfers – beobachtet. Im Labor wurde bis zu Werten von 45 dB(A) keine Reaktionsschwelle ermittelt. Alle nachgewiesenen Effekte waren unter Feldbedingungen erheblich geringer als unter Laborbedingungen. – keine konsistenten oder signifikanten Dosis-Wirkungs-Effekte wurden gefunden für die subjektive Einschätzung der Ermüdung, der Befindlichkeit, der Erholung und Beanspruchung sowie auf die Leistungstests und die Ausscheidung der Stresshormone.

Es wurden erstmals auf der Grundlage einer sehr großen Datenbasis Dosis-Wirkungs-Beziehungen für fluglärmbedingte, elektrophysiologisch nachweisbare Aufwachreaktionen mit einer sehr hohen Präzision entwickelt. So konnte ein Prognosemodell entwickelt werden, welches für gegebene akustische Verhältnisse an einem Flughafen Vorhersagen über die Wahrscheinlichkeit fluglärmbedingter Aufwachreaktionen machen kann; d.h. es kann vorhergesagt werden, wie viel Prozent der Bevölkerung einmal, zweimal usw. zusätzlich durch nächtlichen Fluglärm wahrscheinlich aufwachen. „Bisher werden ausschließlich akustische Kriterien (z.B. äquivalenter Dauerschallpegel, Anzahl von Lärmpegeln oberhalb einer Schwelle) zur Bewertung der nächtlichen Fluglärmbelastung herangezogen. Durch die Ergebnisse der DLR-Untersuchungen können zusätzlich Wirkungskriterien (z.B. Wahrscheinlichkeit für eine, zwei usw. Aufwachreaktionen) in Abhängigkeit vom tatsächlichen Flugverkehrsaufkommen angegeben werden.“

Bluhm G, Eriksson C, Hilding A, Östenson CG. Aircraft noise exposure and cardiovascular risk among men – First results from a study around Stockholm Arlanda Airport. 33rd Internat Congress and Exposition on Noise Control Engineering. Proceedingband 2004

Fragestellung: Fluglärmbelastung über 10 Jahre und Herzinfarkt sowie neu aufgetretener Bluthochdruck.

Teilnehmer und Methoden: Im Jahre 2002/4 wurden 417 Männer im Alter von 46-56 Jahren untersucht (erste Zwischenauswertung; Gesamtergebnisse s. Eriksson et al., 2007). Dies ist eine Teilgruppe einer größeren Gruppe (n=3128), die in den Jahren 1992/4 untersucht worden war. Sie hatten bei der Erstuntersuchung 1992/4 einen ausführlicher Fragebogen zu Erkrankungen ausgefüllt, aber auch zu sozioökonomische Parametern und Fragen zum Lebensstil incl. Rauchen, Ernährung, körperliche Aktivität und waren eingehend körperlich untersucht worden incl. Messungen von Größe und Gewicht, Blutdruck und oraler Glucosetoleranz. Diese Untersuchungen wurden nach 10 Jahren wiederholt (Response 80 % der eingeladenen Teilnehmer) und nach neu aufgetretenen Herzinfarkten bzw. Bluthochdruckerkrankungen gesucht. Die Teilnehmer wohnten in 4 Orten in der Region Stockholm, 116 waren fluglärmexponiert, die anderen 301 nicht.

Fluglärmexposition: Zur Klassifizierung wurde die mittlere Fluglärmbelastung aus dem Jahr 1997 zugrunde gelegt (mittleres Jahr 1992 bis 2004), die der staatlichen Fluglärmkarte entnommen wurde.

Ergebnisse: Die Teilnehmer unterschieden sich nicht wesentlich in den Ausgangsbedingungen (Alter, Rauchen, Gewichtsstatus, Bewegung, andere Risiken, sozioökonomischer Status etc), sodaß die Autoren hier keine Adjustierung durchführten. Fluglärmbelastete hatten ein deutlich höheres Risiko innerhalb der letzten 10 Jahre einen Bluthochdruck entwickelt zu haben, als Nichtexponierte (40 % vs. 24 %, OR > 2,5 signifikant) (Tab. 28).

Tab. 28 Fluglärmstudie Stockholm – Erwachsene – Neuerkrankungen Bluthochdruck und Herzinfarkt in Abhängigkeit von der Belastung (Längsschnitt 10 Jahre) (Bluhm et al. 2004)

	Nicht Exponierte	Fluglärm-Exponierte
Hintergrundbedingungen (1992/1994)		
Alter (Jahre)	58,5	60,5
Hörstörung %	34,9	37,9
Behandlung wegen Angina pectoris %	4,0	3,5
Ärztlich diagnostizierter Herzinfarkt %	2,3	6,0
Lärmempfindlichkeit %	9,3	8,6
Belästigung durch Straßenverkehr %	6,0	4,3
Belästigung durch Schienenverkehr %	0,7	2,6
Belästigung durch Flugverkehr %	6,7	30,2
Rauchen %	17,1	19,8
Neu aufgetretene Erkrankungen		
Bluthochdruck %	24,3	39,7
Behandelter Bluthochdruck %	20,8	33,9

Das Erkrankungsrisiko war besonders hoch bei Menschen, die eine hohe Belästigung durch Fluglärm angaben (51%) gegenüber solchen, die sich weniger durch Fluglärm belästigt fühlten (35%) (Tab. 29). Die von den Teilnehmern angegebene Lärmempfindlichkeit war in den Gruppen der wenig und der stark Fluglärmbelästigten gleich.

Tab. 29 Fluglärmstudie Stockholm – Erwachsene – Neuerkrankungen Bluthochdruck und Herzinfarkt in Abhängigkeit von der Belästigung (Längsschnitt 10 Jahre) (Bluhm et al. 2004)

	Geringe Belästigung	Starke Belästigung (> 1X/Woche)
Diagnose Hypertonie %	34,6	51,4
Medikamentöse Behandlung Hypertonie %	27,6	48,5
Lärmempfindlichkeit %	8,6	8,6

Schlussfolgerung der Autoren: Der Charakter der Studie als Langzeitstudie ermöglicht es, die Wirkungen einer chronischen Fluglärmexposition auf die Neuerkrankungsrate an Bluthochdruck zu untersuchen. Der ausführliche Fragebogen ermöglicht die Kontrolle für andere wichtige Einflussfaktoren auf den Blutdruck (Lebensstilfaktoren, Bewegung, Gewicht etc.). Es zeigen sich signifikante Zusammenhänge zwischen der chronischen Fluglärmexposition und neu aufgetretenem Bluthochdruck; dieses Ergebnis wird noch unterstützt durch die ebenfalls hochsignifikanten Zusammenhänge zwischen der angegebenen Belästigung und neu aufgetretenem Bluthochdruck. – Sie weisen darauf hin, dass weitere Details erst nach Abschluß der Studie bewertet werden können.

Bullinger M, Hygge S, Evans GW, Meis M, von Mackensen S. The psychological cost of aircraft noise for children. Zentralbl Hyg Umweltmed (1999) 202: 127-38

Fragestellung: Auswirkung von Fluglärm auf Wohlbefinden, kognitive Fähigkeiten, Stress und Blutdruck bei Kindern

Im Umfeld alter und neuer Flughäfen München: 1991/93 wurde eine prospektive Längsschnittstudie durchgeführt. Sechs Monate vor sowie 6 und 18 Monate nach Schließung des alten und Eröffnung des neuen Flughafens wurden 326 Kinder im Alter von 9-13 Jahren untersucht (Response 22%); Einschlusskriterien waren: seit mindestens 2 Jahre am Ort zu wohnen und gut deutsch sprechen/verstehen (wegen der Fragebögen).

Es wurden 4 Gruppen gebildet, jeweils 2 „Fluglärmgruppen“ (Belastungsgruppe alter Flughafen und Belastungsgruppe neuer Flughafen) sowie zu den jeweiligen „Lärmgruppen“ Kontrollgruppen ohne Fluglärmbelastung. Mit dieser Studienanordnung konnten nicht nur Belastungsgebiete mit Kontrollgebieten im Querschnitt verglichen werden, sondern im Längsschnitt auch prospektiv die Auswirkung wegfallender (alter Flughafen) und neuer (neuer Flughafen) Fluglärmbelastung.

Die Untersuchungen umfassten:

- **Umweltwahrnehmung**
 - o Fragebogenliste mit 21 Items zur Beurteilung störender Umweltbedingungen und
 - o zwei gerätegestützte Methoden: wie störend Kinder über Kopfhörer vermittelte Geräusche empfinden; Lautstärke einer Tonbandstimme gegen Geräusche regeln
- **Wohlbefinden** (KINDL-Fragebogen)
- **Motivation** (Tests mit Lösungsversuchen bei unlösbaren und lösbaren Puzzles)

Expositionserfassung: Die Lärmbelastung im Wohngebiet der Kinder wurde gemessen (Community noise level analyzer) und als 24 h dB(A)-Level angegeben.

Ergebnisse:

Im Umfeld des neuen Flughafens nahm die Fluglärmbelastung von 55 dB(A)(24h) auf > 60 dB(A) (62 dB(A)) zu, im Kontrollgebiet des neuen Flughafens war ebenfalls eine gewissen Zunahme der Lärmbelastung zu verzeichnen (53 zu 55 dB(A)). Im Umfeld des alten Flughafens nahm die Fluglärmbelastung von 68 dB(A) resp. 59 dB(A) (Kontrollgebiet) vor Schließung des alten Flughafens auf 54 resp. 55 dB(A) ab (Tab. 30).

Die angegebene Fluglärmbelästigung nahm in dieser Zeit im Umfeld des neuen Flughafens in der Belästigungsgruppe von 3,6 auf 5,9 (nach 6 Monaten) bzw. 5,6 (nach 18 Monaten) zu, in der Kontrollgruppe von 3,8 auf 2,7 (nach 6 Monaten) bzw. 2,2 (nach 18 Monaten) ab. Im Bereich des alten Flughafens nahm die Belästigung von 7,4 (Belästigungsgruppe) und 1,7 (Kontrollgruppe) auf unter 1 nach 6 und 18 Monaten ab.

Tab. 30 Fluglärmstudie München – Kinder - Umweltbelastung, Lebensqualität, Lösungsversuche, Blutdruck und Stresshormone - 6 Monate vor und 6 sowie 18 Monate nach Schließung des alten und Eröffnung des neuen Flughafens in München (Bullinger et al. 1999; Evans et al. 1998)

	6 Mo vor	6 Mo nach	18 Mo nach	
Fluglärm* (24 h dB(A))				
Neuer Flughafen - Belastung	53		62	
Neuer Flughafen - Kontroll	53		55	
Alter Flughafen - Belastung	68		54	
Alter Flughafen - Kontroll	59		55	
Umweltbelastung **				
Neuer Flughafen - Belastung	3,6 ± 2,5	5,9 ± 2,6	5,6 ± 2,5	Zunahme sign.
Neuer Flughafen - Kontroll	3,8 ± 2,5	2,7 ± 2,4	2,2 ± 2,1	
Alter Flughafen - Belastung	7,4 ± 1,9	0,5 ± 1,2	0,3 ± 0,9	Abnahme sign.
Alter Flughafen - Kontroll	1,7 ± 1,9	1,0 ± 1,4	0,8 ± 0,9	
Lebensqualität ***				
Neuer Flughafen - Belastung	32,0 ± 4,7	33,3 ± 4,8	31,1 ± 5,1	Sign. nach 18 Mo
Neuer Flughafen - Kontroll	33,5 ± 4,9	33,6 ± 5,4	32,5 ± 5,3	
Alter Flughafen - Belastung	31,2 ± 6,3	32,5 ± 6,0	32,0 ± 5,4	
Alter Flughafen - Kontroll	33,0 ± 5,6	33,9 ± 4,9	32,3 ± 6,0	
Lösungsversuche (unlösbare Puzzles)#				
Neuer Flughafen - Belastung	5,7 ± 2,9	7,3 ± 5,4	6,3 ± 4,1	Sign. nach 18 Mo
Neuer Flughafen - Kontroll	5,8 ± 3,2	7,2 ± 4,7	7,9 ± 4,0	
Alter Flughafen - Belastung	5,4 ± 2,5	7,4 ± 4,4	6,8 ± 5,2	
Alter Flughafen - Kontroll	6,5 ± 3,3	8,8 ± 5,6	7,9 ± 5,6	

*gemessen mit dem Community Noise Messgerät, 24 h Mittelwerte dB(A)

** Belastungsgrad Skala 0 – 9 (höhere Skalenwerte bedeuten größeren Belastungsgrad)

*** höhere Skalenwerte bedeuten bessere Lebensqualität

mehr Lösungsversuche wird als besser gewertet

Umweltwahrnehmung/Belastung Die erhöhte Lärmempfindlichkeit der Kinder (gegenüber Flug- und Straßenlärm) im Belastungsbereich des alten Flughafens nahm nach Schließung des Flughafens signifikant ab; auch in beiden Kontrollgebieten war eine (altersabhängig?) abnehmende Lärmempfindlichkeit zu verzeichnen; nach Eröffnung des neuen Flughafens war im dortigen Belastungsbereich eine deutliche Steigerung der Lärmwahrnehmung / Lärmempfindlichkeit feststellbar.

Lebensqualität und Wohlbefinden Hier ergaben sich geringere Unterschiede; in allen Gruppen war ein Anstieg von der ersten zur zweiten Untersuchungsreihe zu erkennen und eine Abnahme zur dritten Untersuchung. Diese Abnahme der Lebensqualität war im Belastungsbereich des neuen Flughafens signifikant größer als im Kontrollbereich.

Motivation Von der ersten zur zweiten Untersuchungsphase zeigten Kinder aller Gruppen eine – altersabhängige – Zunahme in der Motivation: es wurden mehr Versuche zur Lösung eines unlösbaren Puzzles unternommen. In der Belastungsgruppe im Umfeld des neuen Flughafens war eine signifikante, deutliche Abnahme der Motivation im dritten Untersuchungsgang erkennbar, während in der dortigen Kontrollgruppe die – erwartete – weitere altersabhängige Zunahme feststellbar war.

Allerdings wurde auch in den Belastungs- und Kontrollgruppen im Umfeld des inzwischen geschlossenen Flughafens eine – nicht erwartete – Abnahme der Motivation gefunden. Bei näherer Betrachtung der Gründe, die die Kinder 18 Monate nach Eröffnung des neuen Flughafens für ihren „Misserfolg“ nannten, gaben die Kinder aus dem neuen Lärmgebiet sehr viel häufiger eigenes Unvermögen an („Hilflosigkeitshpothese“), während die Kinder der anderen Gruppen die Gründe außerhalb ihrer selbst suchten – z.B. im Schwierigkeitsgrad der Aufgabe.

Schlussfolgerung der Autoren: Fluglärm führt zu einer signifikant höheren Umweltbelästigung, einer geringen, aber signifikanten Abnahme der Lebensqualität, einer Beeinträchtigung der Motivation, wobei sich die fluglärmbelasteten Kinder Fehler eher selbst zuschreiben als den äußeren Bedingungen; dies wurde als Unterstützung der „Hilflosigkeitshypothese“ bewertet („impaired wellbeing, decreased motivation and decreased sense of control over environmental conditions“) (Bullinger et al. 1998/9).

Cohen S, Evans GW, Krantz DS, Stokols D. Physiological, motivational, and cognitive effects of aircraft noise on children: moving from the laboratory to the field. Am Psychol (1980) 35: 231-43

Fragestellung: Fluglärm an der Schule und physiologische Effekte (Blutdruck), Motivation und kognitive Effekte bei Kindern.

Methode: Im Umfeld des **Flughafens Los Angeles** wurde im Jahr 1977 eine erste Querschnittstudie mit einem Follow-up im Jahre 1978 (Längsschnittstudie) zu Auswirkung von Fluglärm auf den Blutdruck von Kindern durchgeführt (Cohen et al. 1981). Dabei wurden 142 Viertklässler aus 4 stark mit Fluglärm belasteten Schulen mit 120 Kindern aus drei nicht fluglärmbelasteten Schulen verglichen. Erhoben wurden u.a. nach Alter, Bildung der Eltern und sozioökonomischer Status und Ethnie.

Die Schulnoten der Kinder, die unter den gegebenen Bedingungen erhalten worden waren, wurden ausgewertet. Sämtliche weiteren Daten wurden in einem lärmgeschützten Caravan, der auf dem Schulhof aufgebaut worden war, in zwei 45-min-Sitzungen erhalten:

- **3 kognitive Aufgaben**
 - o Lösen zweier **Puzzles** (in gegebener Zeit)
 - o **Aufmerksamkeit und Leistung** unter Sprachbeschallung (Ausstreichen von e-s aus einem zweiseitigen Text in gegebener Zeit)
 - o **Sprachverständnistest** (über Kopfhörer Wortpaare vorgelesen, die gleich oder unterschiedlich sind, z.B. sick-thick; map –nap); Kind muß unter Zeitdruck angegeben gleich oder unterschiedlich
- Test zu dem **Gefühl der Eigenkontrolle** (feelings of personal control.),
- Test zu **Bewältigungsstrategien** der Kinder auf den Fluglärm (coping strategies);
- Fragebogen zur **Reaktion auf Lärm**;
- **2 Blutdruckmessungen**;
- **Elternfragebogen:** elterliche Reaktion auf den Lärm; Bildung der Mutter und des Vaters; Anzahl der Kinder,
- Hörtest; schwerhörige Kinder (6 % der Kinder aus lärmbelasteten Schulen und 7 % der Kinder aus den ruhigen Schulen) wurden ausgeschlossen; da sie evtl. geringer durch Lärm belästigt sein würden.

Lärmmessungen: Lärmmessungen im Klassenraum der Kinder bei Abwesenheit der Kinder; je eine Stunde am Vor- und am Nachmittag; zusätzlich Maximallärmpegel; belastete Schulen 74 dB mittel, >95 dB maximal; Kontrollschulen 56 dB mittel. An den 4 am höchsten fluglärmbelasteten Schulen im Korridor des Flughafens Los Angeles fanden ca. 300 Überflüge pro Tag statt, etwa 1 Überflug alle 2,5 Minuten.

Die Tabelle (Tab. 31) zeigt den Vergleich der Studiengruppen. In den ruhigen Schulen hatten die Familien geringfügig mehr Kinder und die Eltern einen geringfügig höheren Bildungsgrad (nicht signifikant). Signifikant unterschiedlich war jedoch die deutlich höhere Dauer des bisherigen Schulbesuchs der ruhigen Schulen und die Unterschiede im ethnischen Hintergrund: die fluglärmbelasteten Schulen wurden von sehr viel mehr schwarzen Kindern besucht als die ruhigen Schulen (32% vs. 18%). Die mittleren Blutdruckwerte der Kinder der fluglärmbelasteten Schulen waren um ca. 3 mmHg höher als die der Kinder aus den ruhigen Schulen; sie waren sehr viel häufiger nicht erfolgreich beim Lösen eines Puzzles und gaben früher auf als die Kinder aus den ruhigen Schulen.

Tab. 31 Fluglärmstudie Los Angeles – Kinder - Erstuntersuchung – Vergleich der Studien-
gruppen, Lärmbelastung, Blutdruckwerte und Ergebnisse der Lösung von Puzzles (Cohen et
al., 1980)

	Lärmbela- stete Schule	Ruhige Schule	Unter- schied
Kinder (n)	142	102	
Vergleich der Kinder-Gruppen			
Anzahl Kinder pro Familie (Mittelwert)	3,54	3,88	
Bildung des Vaters (Mittelwert – Skala)	3,75	3,41	
Bildung der Mutter (Mittelwert – Skala)	3,64	3,35	
Rasse			Sign.
Schwarze Hautfarbe	32 %	18 %	
Chicanos (Spanische?)	33 %	50 %	
Weißer	32%	29 %	
unbekannt	3 %	3 %	
Wohndauer bisher am Ort (Monate)	41,4 Mo	49,6 Mo	
Schulbesuch am Ort (Monate)	36,0 Mo	43,2 Mo	Sign.
Lärmexposition:			
Mittl. Lärmpegel in den Klassenräumen ohne Kinder	74 dB(A)	56 dB(A)	
Maximale Lärmpegel in den Klassenräumen ohne Kinder	95 dB(A)	68 dB(A)	
Blutdruck (nicht adjustiert)			
Systolisch mm HG	89,68	86,77	
Diastolisch mm HG	47,84	45,16	
Lösen eines Puzzles			
Kein Erfolg in vorgegebener Zeit (p0,07)	41 %	23 %	
Kein Erfolg beim zweiten Puzzle (n.sign)	53 %	36 %	

Die erhaltenen Ergebnisse zeigten eine deutliche Abhängigkeit von der Dauer des bisherigen Schulbesuchs: Mit zunehmender Dauer des Besuchs der lauten resp. ruhigen Schulen wurden die Unterschiede im Blutdruck geringer, die Leistung zum Lösen der Puzzles schlechter (längere Dauer bis zur Lösung) und die Störbarkeit durch zusätzlich eingespielten Lärm größer (Abb. 13 a-c).

Schlussfolgerung der Autoren: Fluglärmbelastete Kinder hatten signifikant höhere Blutdruckwerte als nicht fluglärmbelastete; die Unterschiede wurden mit zunehmender Dauer des Besuchs der fluglärm-belasteten Schule geringer (nicht mehr signifikant). Je länger die Fluglärmbelastung vorgelegen hatte, desto langsamer waren die Kinder bei Lösen von Puzzles und desto häufiger hatten sie Misserfolg (Hilflosigkeitshypothese). Entgegen der Hypothese waren die Kinder mit zunehmender Dauer des Besuchs der fluglärmbelasteten Schule nicht weniger, sondern noch mehr störanfällig gegen Ablenkung als die Kinder der wenig lärmbelasteten Schule. Es ergab sich kein Hinweis, dass Fluglärm die Lese und Rechenfähigkeit oder die Fähigkeit, externe Lärmquellen „abzuschalten“, beeinflusst.

Abb. 13 Fluglärmstudie Los Angeles - Kinder - Blutdruck, kognitive Fähigkeiten und Aufmerksamkeit in Abhängigkeit von der Expositionsdauer (Cohen et al., 1980)

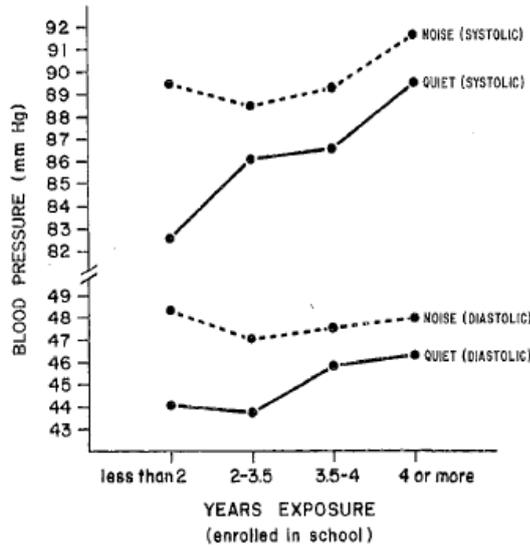


Figure 1. Systolic and diastolic blood pressure as a function of school noise level and duration of exposure. (Each period on the years-exposure coordinate on the figure represents approximately one quarter of the sample. For example, 25% of the sample had been enrolled in the present school less than 2 years.)

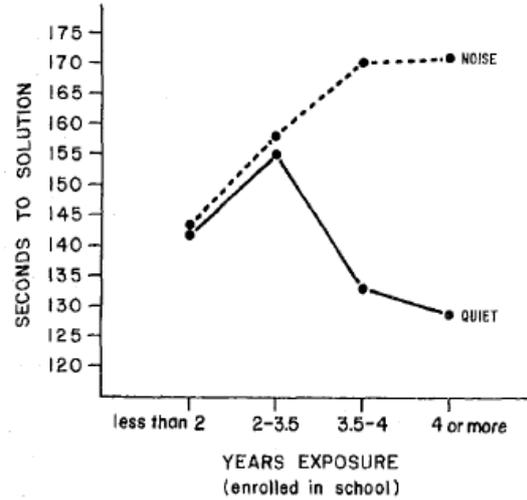


Figure 2. Performance on the second (test) puzzle as a function of school noise level and duration of exposure. (Each period on the years-exposure coordinate on the figure represents approximately one quarter of the sample. For example, 25% of the sample had been enrolled in the present school less than 2 years.)

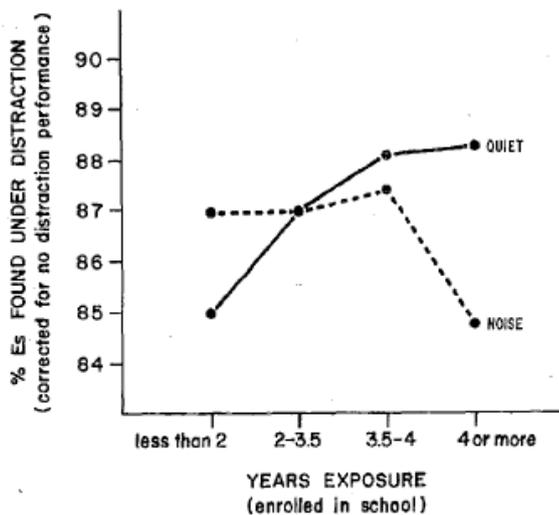


Figure 3. Distractibility as a function of school noise level and duration of exposure. (Each period on the years-exposure coordinate on the figure represents approximately one quarter of the sample. For example, 25% of the sample had been enrolled in the present school less than 2 years.)

Andere Autoren zu Cohen: Die Kinder der unterschiedlich mit Fluglärm belasteten Schulen unterschieden sich zwar nicht im sozioökonomischen Status (vergleichbare Anzahl Kinder pro Familie, vergleichbare Bildung der Eltern, jedoch in der Gruppe der fluglärmbelasteten Schule waren sehr viel mehr Kinder schwarzer Hautfarbe als in der Kontrollgruppe (32 vs. 18 %); dies wurde bei der Analyse nicht berücksichtigt. Da Kinder schwarzer Hautfarbe generell höhere Blutdruckwerte aufweisen als ihre Altersgenossen mit weißer oder spanischer Abstammung, kann der Unterschied zuungunsten der fluglärmbelasteten Gruppe auf den höheren Anteil schwarzer Kinder mit genetisch bedingt höherem Blutdruck zurückgeführt werden (cf Morell Seite 79 und 300f). Ähnlich weist auch Babisch (2006) darauf hin, dass die Blutdruck-Ergebnisse durch nicht ausreichende Berücksichtigung der Ethnie beeinflusst sein können.

Cohen S, Evans GW, Krantz DS, Stokols D, Kelly s. Aircraft Noise and Children: Longitudinal and Cross-Sectional evidence on Adaptation to Noise and the Effectiveness of Noise Abatement. J Personality and Social Psychology (1981) 40: 331-345.

Fragestellung: Longitudinaluntersuchung: Fortbestehende Fluglärmbelastung Auswirkung auf Blutdruck und kognitive Fähigkeiten sowie Motivation der Kinder ein Jahr nach der Erstuntersuchung.

Untersuchung 1978: Wieder 4 fluglärmbelastete Schulen im Vergleich mit 3 nicht belasteten Schulen; allerdings waren in 43 % der belasteten Schulen Lärmsanierungsmaßnahmen vorgenommen worden, mit der Folge deutlich niedrigerer Lärmpegel in den (leeren) Klassenräumen (Tab. 32).

Teilnehmer: 163 Kinder (51% von ursprünglich 262 Kindern der Erstuntersuchung).

Untersuchungsmethoden: wie ein Jahr zuvor (s. Cohen et al. 1980).

Ergebnisse: Weiter kein Unterschied in den allgemeinen Gesundheitsfragen (nicht genauer erläutert), kein sign. Unterschied im Blutdruck; obwohl fluglärmbelastete Kinder weiterhin schlechtere Ergebnisse beim Lösen der Puzzles aufwiesen, konnte die Hilflosigkeitshypothese so nicht mehr bestätigt werden.

Tab. 32 Fluglärmstudie Los Angeles – Kinder - Nachuntersuchung – Vergleich der Lärmbelastung, Blutdruckwerte sowie der Lese- und Rechenleistung (Cohen et al. 1981)

	Ruhige Schulen	Fluglärmbelastete Schule	
		Saniert	Nicht saniert (laut)
Lärm im Klassenraum dB(A) (1h)			
Mittelwert	56 dB(A)	62,8 dB(A)	70,3 dB(A)
Maximalwert	68 dB(A)	71,3 dB(A)	91,5 dB(A)
Blutdruck mm Hg			
Systolisch	86,6	88,7	90,1
diastolisch	45,0	46,8	48,5
Lese-Leistung (Punktwerte steigend besser)			
3. Klasse	37,8	47,4	30,3
4. Klasse	39,1	37,9	36,0
Rechen-Leistung (Punktwerte steigend besser)			
3. Klasse	37,0	56,2	34,4
4. Klasse	42,8	37,5	39,4

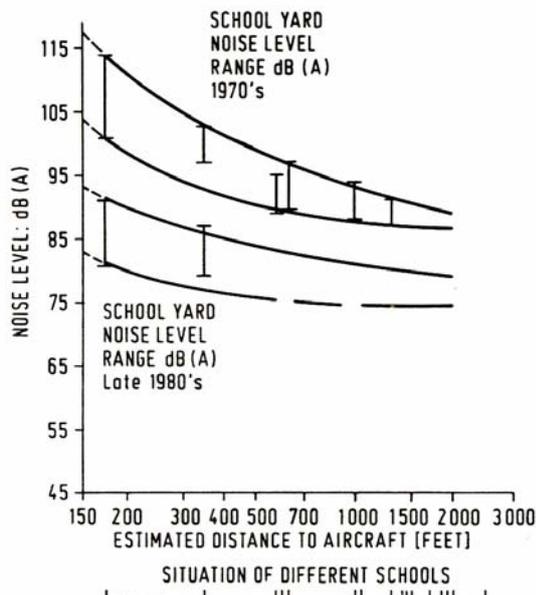
Schlussfolgerung der Autoren: Insgesamt wurden die Ergebnisse der ersten Untersuchung bestätigt. Der jetzt fehlende Unterschied im Hinblick auf Blutdruck wird durch geringere Teilnahme der inzwischen verzogenen Kinder mit höherem Blutdruck bei der ersten Untersuchung erklärt; d.h. durch attrition (Aufreibung, Abnutzung, Zermürben), nicht durch Adaptation. Die Lärmsanierung der Klassenräume hat einen gewissen Effekt auf die Verbesserung der Schulleistung. Nach Auffassung der Autoren reichen aber die durchgeführten Sanierungsmaßnahmen nicht aus. Sie empfehlen Lärmschutzmaßnahmen auch außerhalb der Schulen, z.B. Pufferzonen zwischen Flughafen und Wohngebieten.

Andere Autoren zu Cohen et al: An der Nachuntersuchung ein Jahr später nahmen 163 Kinder (51%) teil; hier konnten die Blutdruckunterschiede zwischen Schülern unterschiedlich belasteter Schulen nicht mehr bestätigt werden. Allerdings hatten bei der Nachuntersuchung insbesondere die Kinder mit ursprünglich höheren Blutdruckwerten bei der Kontrolluntersuchung nicht mehr teilgenommen. Morell (2003) diskutiert mögliche Ursachen:

- Eltern von Kindern mit höherem Blutdruck sind umgezogen, um weiteren Lärmstress für ihr Kind zu vermeiden.
- Bedingt durch familiären Bias (genetisch oder umweltbedingt) waren die Eltern fluglärm-gestresster Kinder ebenfalls durch den Fluglärm gestresst und zogen um.
- Der höhere Blutdruck der Kinder war nicht direkt bedingt durch den Fluglärm, sondern indirekt über höheren fluglärmbedingten Stress der Eltern, der wiederum für die Kinder Stress bedeutete; die Familie hat sich wegen des hohen Stresses der Eltern zum Umzug entschieden.
- Weitere noch unbekannt Faktoren sind möglich.

Die Schlussfolgerung der Autoren, dass der Blutdruckunterschied zwischen belasteten und unbelasteten Kindern mit der Dauer des Schulbesuchs in fluglärmbelasteten und nicht belasteten Schulen abnimmt, eher auf Wegzug selective attrition) und nicht auf Anpassung beruht, ist damit plausibel.

Abb. 14 Fluglärmstudie Los Angeles – Kinder – Lärmpegel auf den Schulhöfen in den 1970er und Ende der 1980er Jahre (Meecham und Shaw 1993)



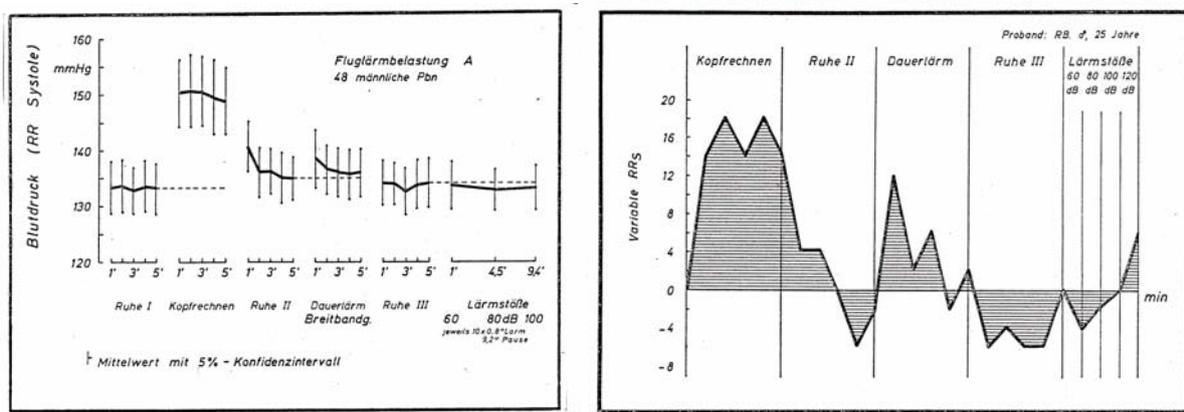
Eiff AW, Finke H-O, Guski R, Hörmann H, Horbach L, Irle M, Jansen G, Jörgens H, Martin R, Rohrman B, Schürmer R, Schürmer-Kohrs A. Das Fluglärmprojekt der Deutschen Forschungsgemeinschaft. Eine interdisziplinäre Untersuchung über die Auswirkungen des Fluglärms auf den Menschen. Harald Boldt Verlag KG, Boppard, 1974

Fragestellung: Fluglärm und Herz-Kreislauf-Erkrankungen, Diabetes mellitus und zentralnervöse Übererregbarkeit.

Methoden und Ergebnisse: Verschiedene Teil-Untersuchungen. Physiologischer Teil 48 männliche Probanden: Messung von Blutdruck, Puls, Atemfrequenz und elektrischer Muskelaktivität im Ruhezustand, bei Kopfrechnen sowie bei kontinuierlicher und diskontinuierlicher Beschallung mit „weißem Rauschen“ über 34 min hinweg.

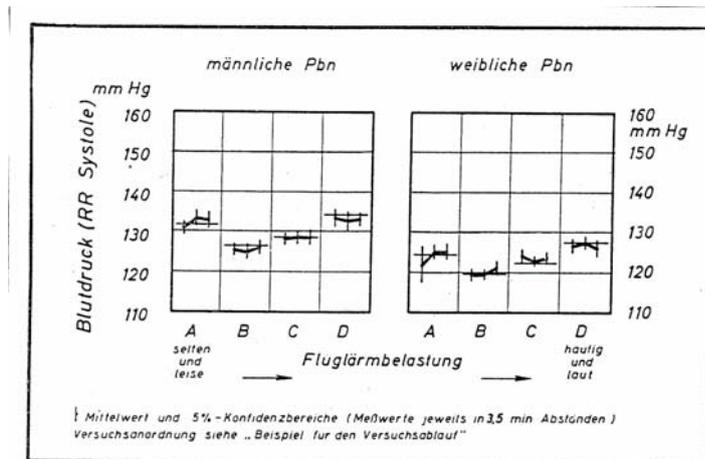
Abb. 15 links zeigt die Daten der 48 Probanden zusammengefasst. Es ist erkennbar, dass insbesondere beim Kopfrechnen hohe Blutdruckwerte auftraten, die die Blutdruckerhöhung unter Beschallung deutlich überstieg. Abb. 15 rechts zeigt ein Einzelbeispiel: auch hier steigt der Blutdruck bei Kopfrechnen am stärksten an, darüber hinaus sind die Erholungsphasen bei Ruhe und die Blutdruckanstiege bei Beschallung erkennbar, auch wenn diese deutlich unter dem Anstieg bei kognitiver Tätigkeit (Kopfrechnen) bleiben.

Abb. 15 Fluglärmstudie München– Erwachsene – Blutdruckverhalten während Kopfrechnen, Ruhe und experimenteller Beschallung. Links: 48 Probanden; rechts: Einzelbeispiel (van Eiff et al. 1974)



Bei den Prüfungen des Blutdruckanstiegs unter experimentellen Lärmstößen in verschiedenen Fluglärmzonen (Anzahl der Probanden und Höhe der Fluglärmbelastung nicht näher aufgeführt) war der durchschnittliche Blutdruck im Gebiet mit der stärksten Fluglärmbelastung am höchsten, allerdings bestand kein statistisch gesicherter korrelativer Zusammenhang zwischen Blutdruck und Grad der Fluglärmbelastung (Abb. 16).

Abb. 16 Fluglärmstudie München – Erwachsene – Blutdruckreaktionen auf experimentellen Lärm bei Probanden unterschiedlich fluglärmbelasteter Regionen (van Eiff et al. 1974)



Schlussfolgerung der Autoren: Die Analysen haben deutlich gemacht, dass Fluglärm zu Veränderungen vegetativer Funktionen, speziell des Blutdruckverhaltens, beiträgt und man kann nicht ausschließen, dass Fluglärm ein Risikofaktor für die Entstehung der essentiellen Hypertonie darstellt.

Eriksson C, Rosenlund M, Pershagen G, Hilding A, Ostenson CG, Bluhm G. Aircraft noise and incidence of hypertension. Epidemiology (2007) 18: 716-21.

Fragestellung: Fluglärm und Neuerkrankungen an Bluthochdruck Stockholm, Schweden.

Methode: Teil einer Diabetes Survey Untersuchung im Umfeld von Stockholm; Longitudinal 1992/4 und 2002/4; nur Männer ab 35-56 Jahre; im Follow Up 10 Jahre älter; Teilnahmerate 2002/4: 2027 Männer (87 %) (Ausschlusskriterien: Hypertonie-Befund oder Behandlung bei der Erstuntersuchung und Hypertoniediagnose nach weniger als 1 Jahr nach Erstuntersuchung); - Ausführlicher Fragebogen, körperliche Untersuchung incl. Blutdruckmessung und Gewichtsstatus.

Geograph. Informationssystem: Fluglärmkonturen; LA eq, 24 Std (Energiegewichtet mit Tageswichtung, d.h. Faktor 3 für 19-22 Uhr und Faktor 10 für 22-07 Uhr; Fluglärmbelastungskategorien: 50-55; 55-60; 60-65 und > 65 dB(A) (darin aber nur 3 Personen, die in die niedrigere Gruppe mit übernommen wurden. 1616 Männer < 50 dB(A), 411 (20%) ≥ 50 dB(A).

Ergebnisse: Bei 22 % der fluglärmbelasteten Teilnehmer (≥ 50 dB(A)) wurde eine Neuerkrankung an Bluthochdruck festgestellt, bei den nicht fluglärmbelasteten Teilnehmern (< 50 dB(A)) waren es 16 %. In beiden Gruppen wurden darüber hinaus bei jeweils 14 % der Teilnehmer neu Blutdruckwerte über 140/90 mm Hg gemessen. In der Risikoanalyse ergab sich damit ein 22 % höheres Risiko einer Bluthochdruckerkrankung in der fluglärmbelasteten Gruppe im Vergleich mit der Kontrollgruppe, das auch nach Berücksichtigung von Alter und Gewichtsstatus (Body Mass Index) signifikant blieb (+19%). Auch beim Vergleich der Teilnehmer mit maximalen Fluglärmpegeln ≥70 dB(A) vs. <70 dB(A) zeigte sich diese Risikoerhöhung um 21 %, bzw. nach Berücksichtigung für Alter und Gewichtsstatus 20 %.

Tab. 33 Fluglärmstudie Stockholm – Erwachsene – Neuerkrankung an Bluthochdruck (Eriksson et al. 2007)

	Nicht Exponierte	Exponierte
Fluglärmbelastung	< 50 dB(A)	≥ 50 dB(A)
Anzahl Studien-Teilnehmer	1616	411
Neue Diagnose Bluthochdruck	263 (16%)	90 (22%)
Erstmals festgestellte RR ≥ 140/90 mm Hg*	218 (14%)	59 (14%)
Assoziation zwischen Fluglärm und Hypertonierisiko		
Tagesmittelwert < vs ≥ 50 dB(A)		
Rohe Assoziation	1	1,22 (1,05-1,41)
Adjustiert für Alter und Body Mass Index	1	1,19 (1,03-1,37)
Maximalwert < vs ≥ 70 dB(A)		
Rohe Assoziation	1	1,21 (1,03-1,43)
Adjustiert für Alter und Body Mass Index	1	1,20 (1,03-1,40)

* nach Ausschluß der Teilnehmer mit neuer Hypertoniediagnose

Der Effekt trat insbesondere bei Älteren mit längerer Wohndauer, bei Menschen mit normaler Glucosetoleranz, Nie-Rauchern und Nicht-Belästigten durch andere Lärmquellen auf. Der Ausschluss der Personen, die kurz vor der Untersuchung rauchten, erhöhte die statistischen Zusammenhangskennziffern! – Stärke der Studie : Langzeituntersuchung und Neuerkrankung.

Schlussfolgerung der Autoren: „Unsere Studie weist auf (suggest) eine Assoziation zwischen Fluglärm und der Rate der Neuerkrankungen an Bluthochdruck bei Männern mittleren Alters in Schweden hin“.

Evans GW, Bullinger M, Hygge S: Chronic noise exposure and physiological response: a prospective study of children living under environmental stress. *Psychol Science* (1998) 9: 75-77

Fragestellung: Auswirkung von Fluglärm auf Wohlbefinden, kognitive Fähigkeiten, Stress und Blutdruck bei Kindern

In **München** wurden in einer prospektiven Studie die Auswirkung Eröffnung des neuen Flughafens bei insgesamt 271 Kinder (3.-4.Klässler im Alter von durchschnittlich 9,9 Jahren) untersucht: 6 Monate vor sowie 6 und 18 Monate nach Eröffnung des neuen Flughafens im Vergleich mit einem Kontrollgebiet (s. auch Bullinger et al., 1999 und Hygge et al. 2002).

Untersucht wurden:

- **Blutdruck** (Mittelwerte mehrfacher Messungen an zwei aufeinanderfolgenden Tagen)
- **Stresshormone** Adrenalin, Noradrenalin und Cortison im 24h Urin

Ergebnisse: In beiden Gruppen zeigte sich ein altersabhängiger Anstieg der Blutdruckwerte; der Anstieg der systolischen – nicht der diastolischen - Blutdruckwerte in der neu lärmbelasteten Gruppe war im Vergleich mit der Kontrollgruppe signifikant. Die Stresshormone Adrenalin und Noradrenalin nahmen in beiden Gruppen - altersgemäß - zu; allerdings war der Anstieg in der Belastungsgruppe deutlich höher als in der Kontrollgruppe; bei den gemessenen Kortisonkonzentrationen konnten keine konsistenten Änderungen gefunden werden.

Tab. 34 Fluglärmstudie München – Kinder - Lärmbelastung, Blutdruckwerte und Stresshormonkonzentrationen im Urin (Evans et al. 1998)

	6 Mo vor	6 Mo nach	18 Mo nach	Unterschied
Fluglärm (24 h dB(A))				
Neuer Flughafen - Belastung	53		62	
Neuer Flughafen - Kontroll	53		55	
Systolischer Blutdruck (mm Hg)				
Neuer Flughafen – Belastung	97,2 ± 11,6	101,6 ± 9,9	102,4 ± 10	
Neuer Flughafen - Kontroll	100,8 ± 8,9	102,2 ± 8,9	102,6 ± 12	Sign. p<0,01
Diastolischer Blutdruck (mm Hg)				
Neuer Flughafen – Belastung	60,5 ± 7	63,2 ± 6,1	64,4 ± 6,2	Marginal sign.
Neuer Flughafen - Kontroll	62,6 ± 7,1	63,6 ± 6,4	64,8 ± 6,8	p<0,06
Adrenalin ng/h				
Neuer Flughafen – Belastung	229,2±153,4	328,1±130,4	341,9±168,1	
Neuer Flughafen - Kontroll	251,8±57	280,9±64,6	246,2±83,7	Anstieg sign.
Noradrenalin ng/h				
Neuer Flughafen – Belastung	610,7±338,6	1228,5±659,7	1556,3±703,6	
Neuer Flughafen - Kontroll	660,0±506,9	879,7±457,7	950,7±525,5	Anstieg sign.
Cortison µg/h				
Neuer Flughafen – Belastung	355,8±189,3	435,9±538,9	514,4±689,3	
Neuer Flughafen - Kontroll	330,5±189,3	237,3±614,7	377,7±288,9	Nicht sign.

* gemessen mit dem Community Noise Messgerät, 24 h Mittelwerte dB(A)

Die Autoren kamen zu folgender Schlussfolgerung: Im Ergebnis zeigte sich, dass der höhere Fluglärm zu Stress führt mit höheren Blutdruckwerten und Katecholamin-Konzentrationen im Urin.

Andere Autoren zu dieser Studie: Matheson lobt die Methode und Durchführung der Untersuchung, stellt allerdings in Frage, ob die Anzahl der Kinder ausreichte, um mögliche Kofaktoren angemessen zu berücksichtigen (Matheson et al. 2003). Morrell (2003) sieht insbesondere die Methode der Längsschnittuntersuchung und die Möglichkeit der Untersuchung der Auswirkungen von Änderungen des Fluglärms als eine Stärke dieser Studie an, er betont jedoch, dass die Blutdruckwerte generell im Normalbereich lagen und dass die Kinder der Belastungsgruppe zu jedem Zeitpunkt geringere Blutdruckwerte aufwiesen als die Kontrollgruppe. Die unterschiedliche Zunahme des Blutdrucks könne auch durch unterschiedliches Wachstum innerhalb dieser zwei Jahre mitbedingt sein, eine Hypothese, die aber nicht überprüft werden könne, da diese Wachstums-Daten nicht publiziert wurden (Morrell 2003). Auch Babisch betont, dass 18 Monate nach Eröffnung des neuen Flughafens kein Unterschied in den Blutdruckwerten der verschiedenen Gruppen feststellbar waren und die größere Zunahme in der neuen Belastungsgruppe auf die geringeren Ausgangswerte zurückzuführen waren (was due to...) (Babisch 2006).

Fidell S, Pearsons K, Tabachnick B, Howe R, Silvati L, Barber DS. Field study of noise induced sleep disturbance. J Acoust Soc Amer (1995) 98: 1025-1033

Fragestellung: Fluglärmbelastung und Schlafstörung

Methode: In 45 Wohnungen von 82 Testpersonen (38 Männer, 47 Frauen, 19-79 J) wurden über einen Monat nachts im Schlafrum und außen davor Lärmereignisse gemessen und die Aufwachreaktionen (behaviourally confirmed) der Testpersonen erfasst. Die Untersuchungen fanden im Umfeld eines Militärflughafens (Castle AFB) und in der Nähe des Flughafens Los Angeles (LAX) statt, bei 27 Personen im Umfeld des Militärflughafens und 35 Personen im Umfeld LAX sowie zusätzlich 23 Personen ohne Fluglärmexposition. Untersuchungsdauer: jeweils 1 Monat, insgesamt 1887 Testnächte. Erfasst wurden Aufwachreaktionen (Knopfdrücken), Schlafstagebuch, morgendlicher Fragebogen zur Schlafqualität und Tagesmüdigkeit.

Lärmmessungen vor dem Haus und doppelt im Schlafrum- alle 2 sec von 22 Uhr bis 8 Uhr.

Ergebnisse: In Tab. 35 sind die Untersuchungsbedingungen an den drei verschiedenen Untersuchungsorten dargestellt. Die Testpersonen ohne Fluglärmbelastung waren jünger als die Fluglärm-belasteten, die Teilnehmer im Umfeld des Zivilflughafens Los Angeles waren im Mittel am ältesten.

Tab. 35 Fluglärmstudien US-Flughäfen – Erwachsene – Feldstudien zu Schlafstörungen im Umfeld eines Militär- und eines Zivilflughafens (Fidell et al., 1995)

	Kontrolle	Militärflughafen Castle AFB	Zivilflughafen LAX
Anzahl Wohnungen	12	15	18
Anzahl Männer und Frauen	10+13	12+15	16+19
Alter im Durchschnitt (Jahre)	33,9	43,9	52,2
Anzahl Testnächte	472	632	783
Leq 1min –Mittelwerte im Schlafrum (dB)	37,8	41,5	39,5
Anzahl Lärmereignisse	7570	6546	18950
Anzahl Aufwachreaktionen (behavioural)	1043	1416	1993
Lärmereignisse zw. 22 und 8 Uhr			
Maximum Leq (Mittelwert) dB	59,9	68,5	60,8
Nächtl. Leq (Mittelwert) dB	44,56	51,4	45,9
Anzahl Lärmereignisse (Mittelwert) n	5,9	11,4	20,5
Dauer der Lärmereignisse (Mittelwert) (Sekunden)	31,8	125,4	126,2
Selbstangaben der Testpersonen			
Erinnerte Aufwachreaktionen (n)	2,04	2,11	2,59
Schlafqualität (Skala 1 - 5)	2,86	2,94	3,20
Zeit des Wachliegens (Skala 1 - 5)	1,68	2,02	1,96
Abendmüdigkeit (Skala 1 - 5)	2,38	2,53	2,24
Belästigung (Skala 1 - 5)	1,01	1,41	1,49

Die maximale und durchschnittliche Lärmbelastung war im Umfeld des Militärflughafens deutlich höher als im Umfeld des Zivilflughafens, obwohl die Anzahl der Lärmereignisse im Umfeld des Zivilflughafens fast doppelt so hoch war wie im Umfeld des Militärflughafens; die Dauer der Lärmereignisse unterschied sich nicht zwischen dem Umfeld beider Flughäfen. Die Belästigung, die erinnerten Aufwachreaktionen sowie die Schlafqualität wurden von den Testpersonen ohne Fluglärm am günstigsten, von den Testpersonen im Umfeld des Zivilflughafens am ungünstigsten bewertet. Demgegenüber gaben

die Testpersonen im Umfeld des Militärflughafens die ungünstigsten Werte für die Dauer des Wachliegens nach Fluglärmereignissen und die höchste Abendmüdigkeit an.

Die Zusammenhangsanalysen (Korrelationen) wurden für alle Testpersonen gemeinsam durchgeführt. Es wurden nicht nur die Maximalpegel und die nächtlichen Durchschnittspegel, sondern auch die Anzahl und die Dauer der Lärmereignisse in Beziehung zu den erfragten und gemessenen Parametern wie Schlaflatenzzeit, erinnerte Aufwachreaktionen allgemein und durch Fluglärm im besonderen, Schlafqualität und –dauer, Belästigung, Müdigkeit und gemessene Aufwachreaktionen (behavioural) ausgewertet. Insgesamt wurde 7 signifikante Assoziationen gefunden: Die Belästigung war mit allen Lärmindikatoren gleichermaßen signifikant positiv assoziiert (d.h. je mehr Lärm, desto mehr Belästigung). Auch die Schlaflatenzzeit war positiv mit dem Lärm assoziiert, jedoch erreichte nur die Assoziation zur Anzahl der Lärmereignisse Signifikanz. Demgegenüber waren die Aufwachreaktionen negativ mit dem Fluglärm assoziiert, signifikant für erinnerte Aufwachreaktionen und maximaler und mittlerer Lärmbelastung in der Nacht (d.h. mehr Lärm weniger Aufwachreaktionen) (Tab. 36).

Tab. 36 Fluglärmstudien US-Flughäfen – Erwachsene – Feldstudien zu Schlafstörungen im Umfeld eines Militär- und eines Zivilflughafens – Assoziationen zu verschiedenen Lärmindikatoren (Fidell et al., 1995)

	Maximum Leq	Nacht Leq	Anzahl Lärmereignisse	Dauer der Lärmereignisse
Schlaf latenzzeit (Minuten)	0,07	0,08	0,10*	0,10
Anzahl erinnerter Aufwachreaktionen	-0,04	-0,08	-0,06	-0,04
Erinnerte Aufwachreaktionen durch Fluglärm	-0,16*	-0,16*	-0,01	-0,08
Schlafqualität (Selbstangabe)	-0,04	-0,05	0,10	0,07
Gesamt-Schlafzeit	0,14	0,28	0,18	0,19
Belästigung (Selbstangabe)	0,15*	0,17*	0,15*	0,18*
Müdigkeit (Selbstangabe)	0,06	0,01	-0,16	-0,14
Erinnerte Zeit des Wachliegens	0,00	0,04	0,03	0,03
Aufwachreaktionen (behavioural)	-0,087	-0,10	-0,11	-0,08

*p<0,03 signifikant

Insgesamt 16 % der Aufwachreaktionen konnten dem Lärm zugeordnet werden; pro 1 dB Zunahme SEL stieg die Aufwachwahrscheinlichkeit um 0,17%; je länger bereits der Schlaf andauerte, desto leichter traten Aufwachreaktionen auf, Zunahme um 1,06 alle 15 min.

Zunehmender Dauerlärm im Schlafrum verminderte die Wahrscheinlichkeit des Aufwachens durch Fluglärm um 0,05 pro dB.

Die mittlere Aufwachschwelle innen lag bei 81 dB, während bei mittleren Pegeln von 74 dB keine Aufwachreaktion ausgelöst wurde.

Keine Änderung in Aufwachreaktionen an Wochenenden, wenn Militärfluglärm um 6 dB reduziert war im Vergleich zu den Wochentagen (L_{eq} von 54 auf 48 dB).

Die Autoren kamen zu folgenden Schlussfolgerungen:

1. Es wurde ein statistischer Zusammenhang zwischen Aufwachreaktionen und Fluglärm festgestellt, der jedoch nur für etwa ein Drittel der Unterschiede (Varianz) in den Aufwachreaktionen bedeutsam war. Insgesamt war die Wahrscheinlichkeit für fluglärmbedingtes Aufwachen eher gering.
2. Indikatoren der Lärmbelastung über längere Zeit (z.B. L_{dn}) besitzen keine gute Vorhersagekraft für Schlafstörungen.

3. Durchschnittlich kam es in allen Bereichen zu zwei Aufwachreaktionen pro Nacht; diese Zahl war im Umfeld der Flughäfen mit großen Unterschieden der nächtlichen Fluglärmbelastung nicht signifikant unterschiedlich.

Fidell S, Pearsons K, Tabachnick BG, Howe R. Effects on sleep disturbance of changes in aircraft noise near three airports. J Acoust Soc Am (2000) 107:2535-47

Fragestellung: Fluglärm und Schlafqualität

Studie 1: Änderung der Schlafqualität und der Aufwachreaktionen vor bzw. nach Schließung eines bestehenden Flughafens (Stapleton DEN) bzw. vor und nach Eröffnung eines neuen Flughafens (Denver DIA);

Studie 2: Änderung der Schlafqualität und der Aufwachreaktionen im Umfeld des Flughafens DeKalb-Peachtree (PDK) vor während und nach den olympischen Spielen 1996; während der Spiele kam es zu einer deutlichen Zunahme der Flugbewegungen.

Methode: Lärmmessung außerhalb und innerhalb der Schlafzimmer zu Hause

Erfassung der Aufwachreaktionen (Knopfdrücken auf Palmtop auf dem Nachttisch) sowie der Körperbewegungen mittels Aktometer (armbanduhrähnlich).

Ergebnisse: Nach Schließung des Flughafens Stapleton reduzierten sich die Lärmereignisse außen sehr stark (Abb. 17, links), während die Lärmereignisse im Innenraum sich in Folge der Schließung wenig änderten (Abb. 17, rechts). Nach Eröffnung des neuen Flughafens nahmen dort sowohl im Außenbereich als auch im Innenraum die Lärmereignisse deutlich zu (Abb. 18)

Abb. 17 Fluglärmstudie Stapleton (DEN) und Denver (DIA) – Erwachsene – Schlafstörungen – Lärmereignisse von 22 bis 7 Uhr außerhalb (links) und innerhalb des Schlafraums (rechts) vor (dunkle Vierecke) und nach (helle Dreiecke) Schließung des Flughafens Stapleton (Fidell et al., 2000)

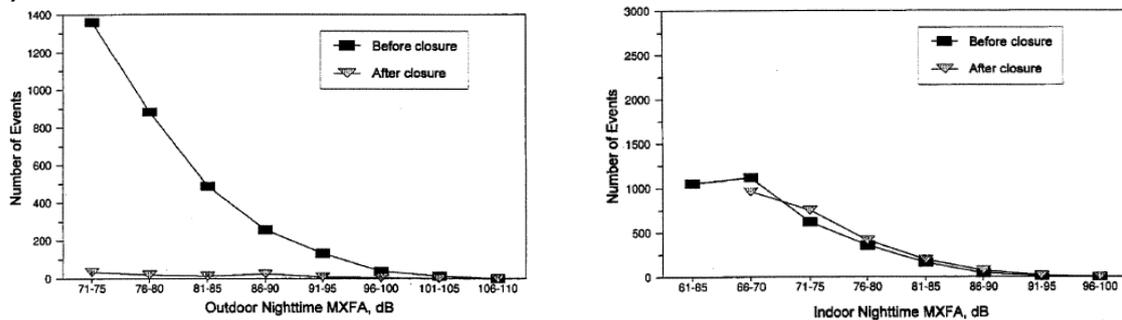
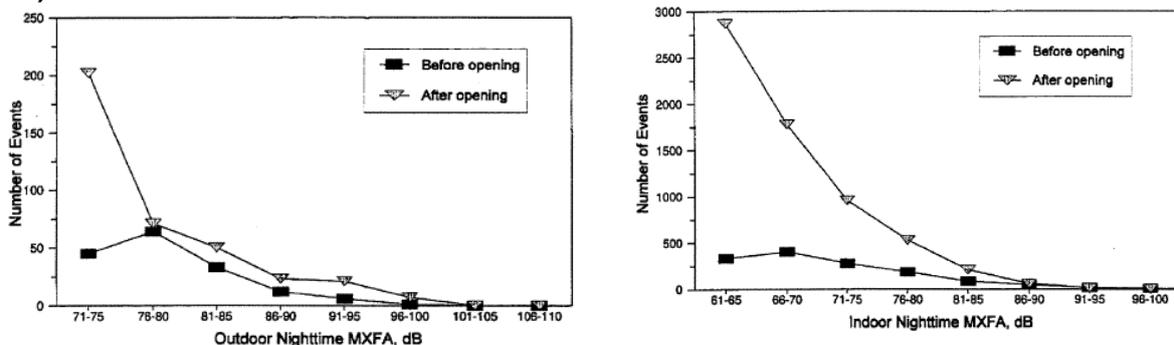


Abb. 18 Fluglärmstudie Stapleton (DEN) und Denver (DIA) – Erwachsene – Schlafstörungen – Lärmereignisse von 22 bis 7 Uhr außerhalb (links) und innerhalb des Schlafraums (rechts) vor (dunkle Vierecke) und nach (helle Dreiecke) Eröffnung des Flughafens Denver (Fidell et al., 2000)



Die Aufwachreaktionen nahmen hingegen im Umfeld beider Flughäfen ab, d.h. sowohl nach Schließung des alten Flughafens als auch nach Eröffnung des neuen Flughafens. Die Aufwachreaktionen waren nicht mit Fluglärm im Außenbereich, sondern mit den Lärmereignissen (nicht nur Fluglärm) im Innenraum assoziiert. Auch im Umfeld des Flughafens Atlanta nahmen die Aufwachreaktionen trotz erhöhten Fluglärmauftommens während der Olympischen Spiele zunächst ab: nach Ende der Olympischen Spiele nahmen die Aufwachreaktionen weiter ab (Tab. 37). Die Unterschiede betrafen im Wesentlichen die – häufigeren - nicht-fluglärmassoziierten Aufwachreaktionen, während die fluglärmassoziierten Aufwachreaktionen in allen Perioden mit ca. 0,42 bzw. 0,43 Aufwachreaktionen weitgehend konstant blieben.

Tab. 37 Fluglärmstudien US-Flughäfen – Erwachsene – Feldstudien zu Schlafstörungen im Umfeld zweier Flughäfen vor und nach Schließung resp. Eröffnung sowie an einem dritten Flughafen vor, während und nach erhöhtem Flugaufkommen (Fidell et al., 2000)

Flughafen	Datenerhebung	Anzahl Wohnungen (Teilnehmer)	Anzahl Personen-nächte	Aufwachreaktionen (Mittelw)
Studie 1:				
DEN	Vor Schließung Febr/März 1994	15 (30)	677	1,80
Stapelton	Nach Schließung April 1995	15 (29)	480	1,64
DIA Denver	Vor Eröffnung April/Mai 1994	14 (29)	712	1,71
	Nach Eröffnung Febr./März 1995	13(30)	848	1,13
Summe		57 (177)	2717	
Studie 2:				
PDK	Vor Olympiade 2.-16. Juli 1996		294	1,8
	Während Olympiade 17.7.-4.8.1996	12 (22)	295	1,3
	Nach Olympiade 5.-11.August 1996		97	1,0
Summe		12 (22)	686	

Die Autoren schlossen aus dieser „Kurzzeituntersuchung“: „Als Folge von Veränderungen der nächtlichen Fluglärmexposition wurden keine großen Unterschiede im Hinblick auf lärminduzierte Schlafstörungen gefunden“. Sie diskutieren die Bedeutung des Lärms im Innenraum und stellen fest: „Der Innenraumlärm von Belüftungs- und Air-condition-Systemen während der Sommerphase der Olympischen Spiele kann möglicherweise dafür verantwortlich sein, dass eine Dosis-Wirkungsbeziehung zu Lärmereignissen nicht gefunden wurde“.

Franssen EAM, Lebret E, Staatsen BAM: Health Impact Assessment Schiphol airport. 1999. RIVM Report 441520012

Franssen EAM, Staatsen BAM, Lebret E. Assessing health consequences in an environmental impact assessment. The case of Amsterdam Airport Schiphol Environ Impact Assess Rev (2002) 22: 633-53

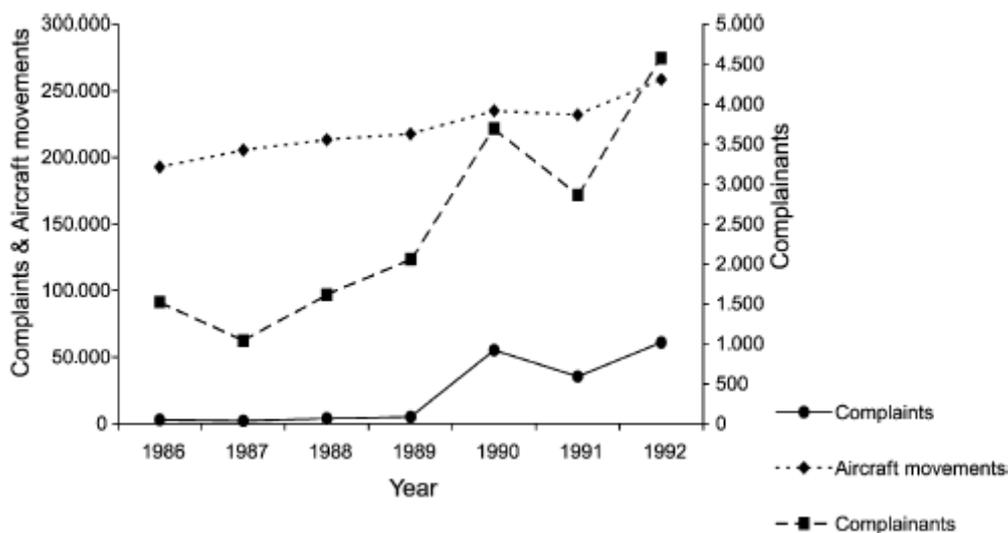
Die Daten der Krankenhausaufnahmen 1991 bis 1993 wegen Herz-Kreislauf- und Atemwegserkrankungen wurden analysiert nach Wohnort der Patienten (aggregiert, Postleitzahlen für die Wohnadresse) unter Berücksichtigung von Alter und Geschlecht. Für die Auswertung wurde die Nähe zum Flughafen betrachtet.

Diese Untersuchungen sind Teil des sog. Health Impact Assessment, d.h. der Gesundheitsfolgenuntersuchung durch den Flughafen. Es wurden aggregierte Daten (4-stellige Postleitzahl) aufgrund der Registerdaten verwendet, die zuvor nach fünf Kriterien geprüft/validiert worden waren: geographische Referenz, Datenqualität, Vollständigkeit und Erfassung, Validierungsaspekte; die Auswertung wurde nur aufgrund der aggregierten, nicht der individuellen Daten vorgenommen, d.h. es konnte auch nicht nach sozioökonomischem Status etc. korrigiert werden. Nach Auffassung der Autoren sollten solche Registerdaten ausschließlich zur Hypothesengenerierung dienen.

Außerdem wurden die Daten des Fluglärmbelästigungsregisters von 1986 bis 1992 ausgewertet.

Ergebnisse: Von 1986 bis 1992 waren die Flugbewegungen von ca. 200.000 auf ca. 250.000 pro Jahr gestiegen. Insbesondere ab 1990 nahm die Anzahl der über Fluglärm Klagen zu, aber die Zahl der Klagen steigt wesentlich mehr an (von ca 110.000 auf ca. 280.000) (Abb. 19).

Abb. 19 Fluglärmstudie Amsterdam – Erwachsene – Anzahl Flugbewegungen, Beschwerden und Beschwerdeführer 1986-1991 (Franssen et al. 2002)

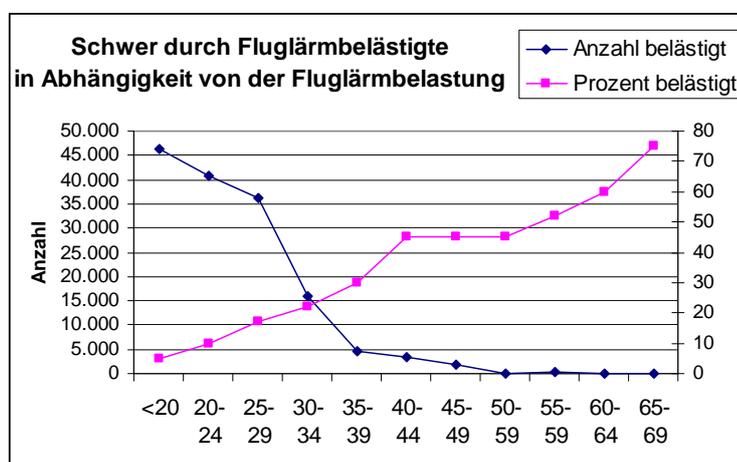


Unter der auf Literaturangaben gestützten Annahme von 5 bis 75 % durch Fluglärm schwer belästigten Bevölkerung in Abhängigkeit von der Fluglärmbelastung wurde abgeschätzt, dass knapp 10 % der Bevölkerung insgesamt schwer durch Fluglärm belästigt sind. Angesichts der Bevölkerungsverteilung wohnen mehr als die Hälfte der schwer durch Fluglärm Belästigten in Gebieten mit relativ niedriger Fluglärmbelastung (Tab. 38 und Abb. 20).

Tab. 38 Fluglärmstudie Amsterdam – geschätzter Anteil der schwer durch Fluglärm belästigten Personen (Franssen et al., 2002)

	Personen gesamt	Schwer belästigte Personen	
	Anzahl	Prozent	Anzahl
<20	927.890	5	46.390
20-24	406.390	10-15	40.800
25-29	206.750	15-20	36.180
30-34	71.160	20-35	16.010
35-39	15.370	30	4.610
40-44	7.170	45	3.230
45-49	3.770	45	1.700
50-59	320	45	140
55-59	310	50-55	170
60-64	70	60	40
65-69	90	75	70
Alle	1.639.190		159.340

Abb. 20 Fluglärmstudie Amsterdam – geschätzter Anteil der schwer durch Fluglärm belästigten Personen (Franssen et al. 2002)



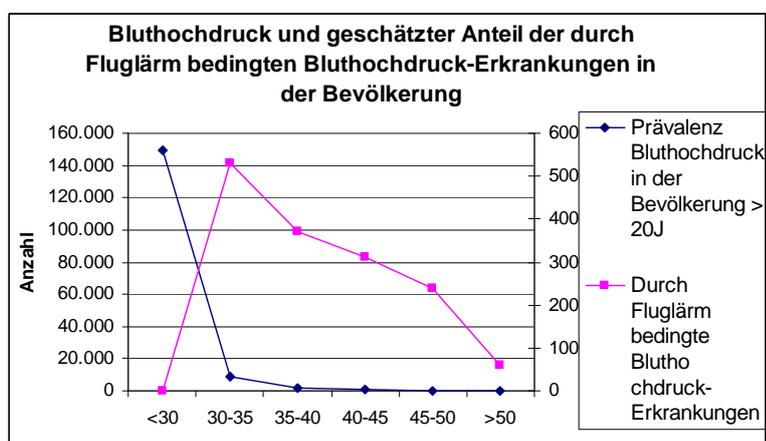
Analog ist – wiederum angesichts der Bevölkerungsverteilung - der geschätzte Anteil von Blutdruckerhöhungen trotz des angenommen um 70 % erhöhten Risikos in der am höchsten durch Fluglärm belasteten Gruppe in der wenig durch Fluglärm belasteten Gruppe mit 530 am höchsten (Tab. 39 und Abb. 21).

Tab. 39 Fluglärmstudie Amsterdam – Erwachsene – Geschätzter Anteil der durch Fluglärm bedingten Erkrankungen an Bluthochdruck (Franssen et al. 2002)

Fluglärm KostenUnits	Gesamtbevölkerung > 20 J	Prävalenz Bluthochdruck in der Bevölkerung > 20J	Relatives Risiko	Fluglärm-bedingte Bluthochdruck-Erkrankungen (95%CI)
<30	1.540.930	149.700	1.00	0
30-35	71.160	8.640	1.07	530
35-40	15.370	1.670	1.22	370
40-45	7.170	780	1.39	310
45-50	3.770	410	1.59	240
>50	800	80	1.70	60
Gesamt	1.639.200	160.280		1.510

Risikoabschätzung mit der Modellannahme $\beta=0.127$ pro 5 KU Zunahme, Standardfehler =0,0282

Abb. 21 Fluglärmstudie Amsterdam – Erwachsene – Geschätzter Anteil der durch Fluglärm bedingten Erkrankungen an Bluthochdruck (Franssen et al. 2002)



Ergebnisse der Krankenhauseinweisungsdaten (nach Bericht 1999): Bewohner aus dem Umfeld des Flughafens wurden nicht häufiger wegen Herz-Kreislauf-Problemen oder Atemwegsproblemen stationär aufgenommen als Bewohner aus anderen Gebieten; es waren keine konsistenten Häufungen erkennbar.

Die Autoren betonen aber, dass es normalerweise erst bei sehr schweren Erkrankungen und Symptomen zur Krankenhauseinweisung kommt und dass durch die vorgelegte Analyse mildere Symptome, die nur einer ambulanten Behandlung durch den Hausarzt bedürfen, nicht ausgeschlossen werden können. Insofern unterschätzen die Daten wahrscheinlich die tatsächlichen Effekte.

Bezüglich der Auswertung des Beschwerderegisters betonen sie, dass ein solches Register zwar Hinweise auf die Belästigung in der Region gibt, die Bedeutung der Beschwerden als Indikator für Effekte der Lärmbelastung auf die Gesundheit der Bevölkerung aber fragwürdig (equivocal) sei. In einigen Studien seien Zusammenhänge zwischen den Beschwerden und der tatsächlichen Lärmbelastung gefunden worden, in anderen nicht. Die Beschwerden könnten sowohl eine Über- als auch eine Unterschätzung der möglichen Folgen auf die Gesundheit der Bevölkerung bedeuten. Die Anzahl der Beschwerden werde auch beeinflusst durch die Glaubwürdigkeit und überhaupt die Bekanntheit der Beschwerdestelle oder durch die Annahme, eine hohe Zahl an Beschwerden führe zu höherem politischen Druck auf den Flughafen.

Franssen EAM, Lebret E, Staatsen BAM: Health impact Assessment Schiphol airport. 1999. RIVM Report 441520012

Franssen EAM; Staatsen BAM ; Lebret E Assessing health consequences in an environmental impact assessment. The case of Amsterdam Airport Schiphol. Environ Impact Assess Rev (2002) 22:633-53

Frage: Fluglärm und Schlafmittelverbrauch

Methode: Untersuchung von Verkaufsdaten von Schlafmitteln aus Apotheken sowie Befragung von bewohnern zu deren Schlafmittelkonsum

Expositionsabschätzung: Lage der Apotheken, bzw. der Wohnadressen der Befragten im Umfeld des Flughafens – Lärmkonturen

A Schlaf-/Beruhigungsmittel – Verkaufsdaten aus Apotheken

Auf der Grundlage von Verkaufsdaten ausgewählter Apotheken im Umfang von ± 30 km um den Flughafen wurde geschätzt, dass 32,1 pro 1000 Personen Schlafmittel einnehmen. Dies war vergleichbar mit den nationalen Daten (34,5 pro 1000 Personen). Innerhalb des Studiengebiets wurden jedoch Hinweise darauf gefunden, dass mit zunehmender Fluglärmbelastung mehr Schlafmittel eingenommen werden (Abb. 22).

Abb. 22 Fluglärmstudie Amsterdam – Erwachsene - Verkauf von Sedativa in Apotheken (Franssen et al. 1999)

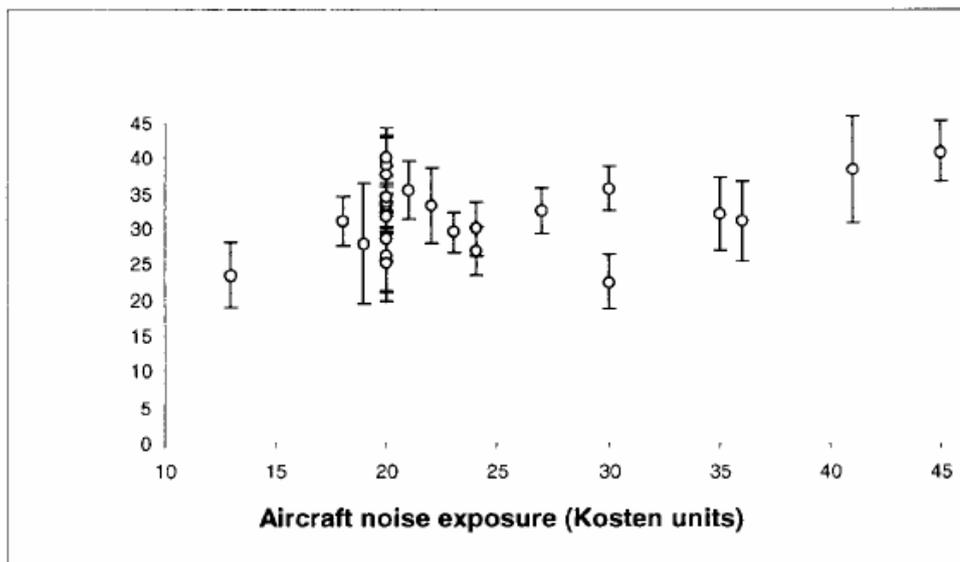


Figure 4 Prevalence of sedative use per postal code area

Der Unterschied zwischen < 20 und > 30 KU war auch nach Berücksichtigung von Alter und Geschlecht signifikant (OR 1,14; 95CI 1,05-1,25). Er beruhte im Wesentlichen auf dem höheren Arzneimittelkonsum von Männern und von Frauen über 45 Jahren.

B) Fragebogenerhebung Schlafmittel-Einnahme (Bericht 1999 und Franssen et al., 2004)

Nach den Ergebnissen der Fragebogenerhebung ließ sich ableiten, dass etwa 10% der 1,5 Millionen Bewohner der Studienregion ärztlich verordnete Schlafmittel einnehmen.

Die Einnahme von Schlaf-/oder Beruhigungsmitteln zeigte eine Abhängigkeit von der Fluglärmbelastung – auch nach Korrektur für Alter, Geschlecht, Bildung, Ethnie und Wohndichte. Die Zusammenhänge waren signifikant für L Aeq 24h, LAeq 22-23 h, nicht für LAeq 23-06 h. Pro Zunahme von 10 Lärmeinheiten, steigt die Einnahme von Schlafmitteln um 15-46 % - je nachdem welche Lärmeinheit verwendet wurde. In Gebieten mit ≥ 20 KE Fluglärm lag das Risiko (die Wahrscheinlichkeit) für die Einnahme von Schlafmitteln bei 1,2-2,2% (10 % davon führten die Autoren auf den Fluglärm zurück); bei einer Fluglärmbelastung ≥ 35 KE wurde das Risiko mit 2,6-3,6 % angegeben.

Es wurde auch nach Schlafstörungen gefragt (10-Fragen-Skala); unter Berücksichtigung möglicher Verzerrung durch Nicht-Antworten gaben 8-12 % der erwachsenen Bevölkerung im Umfeld von Schiphol (25 km) Schlafstörungen an. Die meisten dieser Teilnehmer lebten außerhalb der durch Fluglärmschutzmaßnahmen regulierten Bereiche (Lärmpegel ≥ 26 dB(A) im Schlafraum). In dem Bereich mit ≥ 26 dB(A) im Schlafraum berichtete 33-39 % der Bevölkerung über schwere Schlafstörungen. In diesem Bereich gaben 17-19 % der Menschen an, mindestens 4 Schlafprobleme zu haben, außerhalb dieser Bereiche waren es 14-15 %. Die Dosis-Wirkungsbeziehung war nicht linear, sondern durch eine Reihe verschiedener Co-Faktoren beeinflusst wie Lärmempfindlichkeit, Angst vor Flugzeugabstürzen, Fluglärmbelastung bei der Arbeit, Alter, Geschlecht und Bildung. Die auf den Fluglärm zurückzuführende Einschränkung der Schlafqualität (mindestens ein Schlafproblem) wurde im Bereich von ≥ 20 KU mit 1,4-3,9 %, im Bereich ≥ 35 KU mit 3,8-6,1 % angegeben.

Franssen EA et al. Aircraft noise around a large international airport and its impact on general health and medication use. Occup Environ Med (2004) 61: 405-413

Methode: Schriftliche Befragung Anwohner von **Schiphol**, 25 km um Flughafen von November 1996 bis Februar 1997; Randomisierte Zufallsstichprobe von 31.000 Adressen erhielten Fragebogen per Post; **11812** Teilnehmer, dies entspricht einer Responserate von 39 % (17840 Non-responder; Non-responder-Analyse n=271: weniger belastigt, weniger besorgt, geringere Ausbildung und mehr Migrationshintergrund).

Fragen:

1. Wie ist Ihr **allgemeiner Gesundheitszustand**? 5 Antwortmöglichkeiten: sehr gut, gut, mittel, manchmal gut, manchmal schlecht, schlecht; Antwort dichotomisiert; sehr gut/gut vs. schlecht
2. 13 Item, Fragebogen zu **Beschwerden/Symptomen** (von Rückenschmerzen bis Vitalität); Auswertung dichotomisiert weniger oder mehr als 6 Symptome
3. Fragen zu **Medikamenteneinnahme** – nach Arztrezept oder Selbstmedikation – Herz-Kreislauf-erkrankungen, Bluthochdruck, Schlaf- oder Beruhigungsmittel
Analyse für Herz-Kreislauf-Medikamente, Hochdruck etc. nur auf Rezept; für Schlaf- und Beruhigungsmittel sowohl verschriebene Mittel als auch Selbstmedikation nach jede Nacht, regelmäßig, gelegentlich, nie. Auswertung dichotomisiert: jede Nacht und regelmäßig vs. andere.

Expositionsabschätzung: nicht genaue Wohnkoordinaten, sondern nächste Alternative, d.h. insgesamt 17 Adressen; L_{dn} 41-76 dB(A); $51,3 \pm 3,2$ dB(A); $L_{Aeq\ 22-23\ h}$ 36-70 dB(A), $44,3 \pm 4,1$ dB(A); $L_{Aeq\ 23-07\ h}$ 32-65 dB(A); $37,9 \pm 4,0$ dB(A).

Ergebnisse:

Bei 2687 Teilnehmern lag die Fluglärmbelastung (L_{den}) unter 50 dB(A), bei 5858 zwischen 50 und 58 dB(A) und bei 3267 über 58 dB(A). Die Responserate der höher Exponierten war höher als die der weniger Exponierten. Die unterschiedlich fluglärmbelasteten Teilnehmer waren nach Alter, Geschlecht, Migrationshintergrund vergleichbar; in weniger fluglärmbelasteten Gebieten wohnten mehr Menschen mit höherem Bildungsgrad.

Die Ergebnisse der Befragung zum Gesundheitszustand und zur Medikamenteneinnahme allgemein waren vergleichbar mit den Daten aus Holland insgesamt (19% schlechter Gesundheitszustand), der Score war bei den Teilnehmern etwas schlechter als in der holländischen Allgemeinbevölkerung 1996 (3,1 vs. 2,6). Mehr als ein Drittel der Teilnehmer gab Rücken-, Knochen- und Muskelschmerzen und Kopfschmerzen an, ein Viertel der Teilnehmer klagte über Müdigkeit, Lustlosigkeit, Teilnahmslosigkeit und fehlende Erholung durch den Schlaf, seltener wurden Magenbeschwerden, Schwindel und Herzbeschwerden genannt. Insgesamt 15 % der Teilnehmer gaben an, Medikamente wegen Herz-Kreislauf-Erkrankungen oder Bluthochdruck einzunehmen, 10 % nahmen verschriebene und weitere 5 % nicht verschriebene Schlaf- und Beruhigungsmittel ein (Tab. 40).

Tab. 40 Fluglärmstudie Amsterdam – Erwachsene - Allgemeiner Gesundheitszustand, Beschwerden und Einnahme bestimmter Medikamente (Franssen et al. 2004)

	Teilnehmer n	Teilnehmer Prozent
Gesundheitszustand		
Schlechte Gesundheit (Einzelfrage)	2301	20
Schlechte Gesundheit (Gesamtscore)	2157	20
Rückenschmerzen	4643	41
Müdigkeit*	4431	40
Schmerzen Knochen und Muskeln	4240	38
Kopfschmerzen*	3786	34
Lust- Teilnahmslosigkeit*	2866	26
schnelle Ermüdung*	2805	25
Gefühllosigkeit oder Kribbeln in den Gliedern	2584	23
keine vollständige Erholung bis zum Morgen*	2595	23
Magenbeschwerden	2149	19
Kurzatmigkeit*	2105	19
Magenverstimmung	1582	14
Schwindel	1524	14
Schmerzen Thorax und Herz	1412	13
Medikamenteneinnahme		
Medikamente Herz-Kreislauf-Erkrankungen/ Bluthochdruck	1750	15
Schlaf/Beruhigungsmittel - verschrieben	1231	10
Schlaf/Beruhigungsmittel - nicht verschrieben	647	5
Schlaf/Beruhigungsmittel - häufige Einnahme	528	5

* signifikant

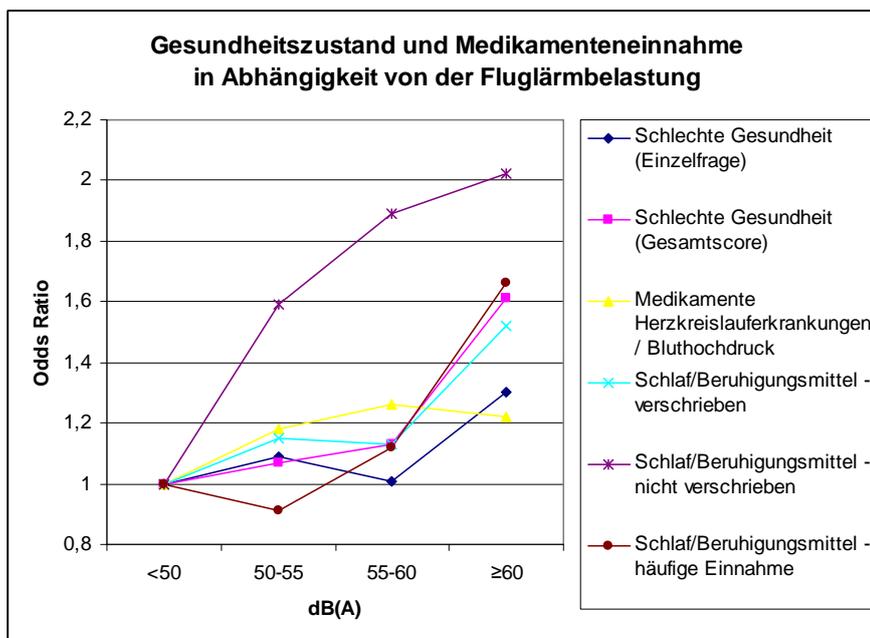
Der Gesundheitszustand wurde mit zunehmender Lärmbelastung (5 dB(A) Kategorien) etwas schlechter, der Unterschied war in der höchst belasteten Gruppe (≥ 60 dB(A)) im Gesamtscore signifikant. Im Vergleich mit den Nicht-Fluglärmbelasteten (< 50 dB(A)), nahmen die Fluglärmexponierten mehr Herz-Kreislauf-Medikamente ein, der Unterschied war bei den gegenüber 50-55 dB(A) Exponierten nicht bei den höher Exponierten signifikant. Auch Schlaf- und Beruhigungsmittel waren bei den Exponierten etwas häufiger verschrieben worden (nicht signifikant); demgegenüber nahmen die im Bereich 50-60 dB(A) Exponierten signifikant häufiger nicht verschriebene Schlaf- und Beruhigungsmittel ein (Tab. 41 und Abb. 23).

Im weiteren wurden die Zusammenhänge zwischen den Angaben zum Gesundheitszustand und zur Medikamenteneinnahme analysiert im Hinblick auf Zunahme um 10 dB(A), differenziert nach Fluglärmbelastung über den gesamten Tag (L_{den}), die Fluglärmbelastung in der Nacht (L_{Aeq} 33-07h) und in den späten Abendstunden (L_{aeq} 22-23 h). Dabei zeigten sich die stärksten Zusammenhänge zwischen den angegebenen Beschwerden und der Medikamenteneinnahme zu der gesamten Lärmbelastung, nicht zur nächtlichen Lärmbelastung oder der Lärmbelastung in den späten Abendstunden. Lediglich die nicht verschriebenen Schlaf-/Beruhigungsmittel wurden bei höherer Exposition in den späten Abendstunden signifikant häufiger eingenommen (Tab. 42).

Tab. 41 Fluglärmstudie Amsterdam – Erwachsene - Allgemeiner Gesundheitszustand und Einnahme bestimmter Medikamente - Odds Ratios kontrolliert für Alter, Geschlecht (Franssen et al. 2004)

	<50	50-55 dB(A)		55-60 dB(A)		≥60 dB(A)	
Schlechte Gesundheit (Einzelfrage)	1	1,09	0,97-1,23	1,01	0,82-1,25	1,3	0,79-2,12
Schlechte Gesundheit (Gesamtscore)	1	1,07	0,95-1,21	1,13	0,92-1,40	1,61	1,01-2,56
Medikamente Herz-Kreislauf-Erkrankungen/ Bluthochdruck	1	1,18	1,01-1,38	1,26	0,98-1,61	1,22	0,67-2,21
Schlaf-/Beruhigungsmittel - verschrieben	1	1,15	0,93-1,42	1,13	0,78-1,64	1,52	0,67-3,42
Schlaf-/Beruhigungsmittel - nicht verschrieben	1	1,59	1,20-2,11	1,89	1,21-2,95	2,02	0,77-5,30
Schlaf-/Beruhigungsmittel -häufige Einnahme	1	0,91	0,65-1,27	1,12	0,64-1,95	1,66	0,50-5,50

Abb. 23 Fluglärmstudie Amsterdam – Erwachsene - Allgemeiner Gesundheitszustand und Einnahme bestimmter Medikamente - Odds Ratios kontrolliert für Alter, Geschlecht (Franssen et al. 2004)



Tab. 42 Fluglärmstudie Amsterdam – Erwachsene - Allgemeiner Gesundheitszustand und Einnahme bestimmter Medikamente - Odds Ratios nach multipler logistischer Regression (Berücksichtigung von Einflußvariablen wie Alter, Geschlecht) (Franssen et al. 2004)

Zunahme um 10 dB(A)		%	Lden		Laeq 23-07h		Laeq 22-23 h	
			OR	OR CI	OR	OR CI	OR	OR CI
Schlechte Gesundheit (Einzelfrage)	2301	20	1,23	1,04-1,46	1,05	0,91-1,22		
Schlechte Gesundheit (Gesamtscore)	2157	20	1,21	1,02-1,43	1,08	0,94-1,25		
Kurzatmigkeit*			1,29	1,09-1,53				
Müdigkeit*			1,34	1,17-1,53				
Lust- Teilnahmslosigkeit*			1,17	1,01-1,36				
schnelle Ermüdung*			1,47	1,26-1,70				
keine vollständige Erholung bis zum Morgen*			1,20	1,03-1,41				
Medikamente Herz-Kreislauf-Erkrankungen/ Bluthochdruck	1750	15	1,3	1,06-1,60	1,13	0,94-1,35		
Schlaf-/Beruhigungsmittel - verschrieben	1231	10	1,25	0,93-1,68	0,91	0,70-1,18	1,26	0,99-1,60
Schlaf-/Beruhigungsmittel - nicht verschrieben	647	5	2,34	1,63-3,35	1,2	0,87-1,65	1,72	1,27-2,32
Schlaf-/Beruhigungsmittel - häufige Einnahme	528	5	1,02	0,63-1,65	1,36	0,91-2,04	1,15	0,78-1,70

Bewertung der Autoren: Wir fanden Zusammenhänge zwischen Gesundheitsindikatoren (allgemeiner Gesundheitszustand, Einnahme von Medikamenten für Herz-Kreislauf-Erkrankungen und Bluthochdruck und von Schlaf- und Beruhigungsmitteln) und der Fluglärmbelastung gesamt (Lden). Keiner der Indikatoren zeigte Assoziationen zur Fluglärmbelastung in der Nacht (L Aeq 23-07 h), aber die Einnahme nicht verschriebener Schlaf- und Beruhigungsmittel nahm bei hoher Fluglärmbelastung in den späten Abendstunden (L Aeq 22-23 h) signifikant zu. Beschwerden über mangelnde allgemeine Belastungsfähigkeit sowie Müdigkeit und Kopfschmerzen waren mit dem Fluglärm assoziiert, die meisten anderen körperlichen Beschwerden hingegen nicht. In Gebieten mit über 50 dB(A) konnte nur ein geringer Teil der Gesundheitsbeschwerden (0,13), der Medikamenteneinnahme wegen Herz-Kreislauf-Erkrankungen oder erhöhtem Blutdruck (0,08) und Schlaf- oder Beruhigungsmitteln (0,22) auf die Fluglärmexposition zurückgeführt werden. Obwohl dieser Anteil in der fluglärmregulierten Region (governmentally noise regulated area) am höchsten war, waren die Auswirkungen des Fluglärms in den nicht regulierten Gebieten sehr viel höher wegen der erheblich größeren Bevölkerung dort.

Babisch zu Franssen: Eine große neuere Studie im Umfeld des Amsterdamer Flughafens fand nur gering höhere Einnahmeraten von Herz-Kreislauf-Medikamenten einschließlich blutdrucksenkender Mittel (RR 1,2) bei Fluglärmexponierten (> Lden 50 dB(A)). Es wurden Zusammenhänge mit der Fluglärmbelastung (Lden < 50 bis 65 dB(A) gefunden mit den höchsten Medikamenteneinnahmen. In der höchstbelasteten Gruppe (61-65 dB(A)) war die Einnahme verschriebener und nicht verschriebener Beruhigungs- und Schlafmittel signifikant höher (RR 1,5 und 2,0).

Goto K, Kaneko T. Distribution of blood pressure data from people living near an airport. J Sound Vibration (2002) 250: 145-149.

Methoden: Kohortenuntersuchungen 469 Frauen im Umfeld des Flughafens, im Vergleich mit 1177 Frauen aus einem vorstädtischen Kontrollgebiet; in der zweiten Untersuchung wurden 183 Frauen nach 8 Jahren nachuntersucht (Follow-up)
Blutdruckmessung, Erfassung von Alter, Rauch- und Trinkgewohnheiten, Salzzufuhr und Medikamente gegen Bluthochdruck
Fluglärm nach Expositionszonen (Karten).

Ergebnisse: Es zeigten sich weder innerhalb der Gruppe der fluglärmbelasteten Frauen Zusammenhänge mit der Höhe der Fluglärmbelastung, noch hatten die 469 exponierten Frauen – nach Korrektur der o.g. Einflussfaktoren - höhere Blutdruckwerte als die 1177 Kontrollen. Auch in der Längsschnittuntersuchung ergaben sich keine Hinweise auf höhere Blutdruckwerte bei höherer Fluglärmbelastung[#].

Basisch zu Goto: Eine japanische Studie verglich die Blutdruckwerte von Frauen, die in unterschiedlich fluglärmbelasteten Gebieten um den Flughafen Fukuoka lebten, mit einer Kontrollgruppe. In der Querschnittsuntersuchung wurde ein um 4 mm Hg höherer Blutdruck in der höher exponierten Gruppe (≥ 70 dB(A)) gefunden im Vergleich mit der Referenzgruppe (< 60 dB(A)). Dies war statistisch nicht signifikant. In der Follow-up-Untersuchung wurde kein signifikanter Unterschied in den Blutdruckänderungen festgestellt. Die Kontrollgruppe wies einen um 4 mm Hg höheren Anstieg der Blutdruckwerte im Vergleich mit der exponierten Gruppe auf. Zum Studiendesign wurden nur sehr ungenaue Informationen publiziert.

[#] es lag leider nur das abstract vor.

Greiser E, Jahnsen K, Greiser C. Beeinträchtigung durch Fluglärm: Arzneimittelverbrauch als Indikator für gesundheitliche Beeinträchtigung. Im Auftrag des Umweltbundesamtes, 2006

Fragestellung: Fluglärmbelastung und Arzneimittelverbrauch

Methode: Auswertung von Arzneimittelverordnungen von niedergelassenen Ärzten für 809.379 Versicherte von 7 gesetzlichen Krankenkassen mit Hauptwohnsitz in der Stadt Köln, dem Rhein-Sieg-Kreis und im Rheinisch-Bergischem Kreis. Je nach Kasse wurden Daten der Versicherten zwischen 7 Monaten und 4 Jahren zur Verfügung gestellt; Auswertung über 1,8 Millionen Versichertenjahre. Adjustierung nach Sozialhilfe-Häufigkeit der Stadt-/Ortsteile; weitere korrekturvariable Möglichkeiten der Beantragung von Lärmschutzmaßnahmen. Auswertung: Häufigkeit der Arzneimittelverordnungen – Medikamente wegen Bluthochdruck, Herz-Kreislauf-Erkrankungen, Tranquilizer, Beruhigungs- und Schlafmittel, Mittel gegen Depressionen, für Erkrankungen der Verdauungsorgane und sonstige Mittel - in den einzelnen fluglärmbelasteten Regionen im Vergleich mit nicht belasteten Regionen; Zusammenhangsanalyse Arzneimittel/Versichertenjahr und Flug-, Straßen- und Schienenlärm sowie weitere Korrekturvariablen. – Referenzpopulation die Versicherten, bei denen keine Werte im Hinblick auf Fluglärm vorlagen und deren nächtlicher Straßenverkehrslärm < 35 dB(A) lag und die > 19 J alt waren.

Expositionsabschätzung: Adressgenaue Lärmdaten (Flug-, Schienen- und Straßenverkehr) falls Dauerschallpegel > 39 dB(A) aus dem Jahr 2004. Betrachtet wurden vier Zeitfenster am Tag und in der Nacht (22-6 Uhr, 23-1 Uhr, 3-5 Uhr, 6-22 Uhr). Straßenverkehrslärm adressgenau aus Daten des Lärm-Screeningprojektes des Landesumweltamtes Nordrhein-Westfalen für den Tag (6-22 Uhr) und die Nacht (22-6 Uhr). Alle Lärm- und Strukturdaten wurden mit den 376.223 Adressen der Versicherten verbunden.

Ergebnisse: Am Flughafen Köln/Bonn gibt es durchschnittlich 10 Flugbewegungen pro Stunde am Tag, ca 7 pro Stunde in der Nacht. Besonders auffällig ist, dass in den Nachtstunden von 23-1 Uhr kaum weniger Flugbewegungen als im Tagesdurchschnitt beobachtet werden und dass insbesondere in den Nachtstunden von 3-5 Uhr die Anzahl der Starts sehr hoch ist und sogar die Anzahl der Starts am Tage übersteigt (Abb. 24).

Abb. 24 Fluglärmstudie Köln/Bonn – Erwachsene – durchschnittliche Flugbewegungszahlen für verschiedene Tages- und Nachtflugzeiten am Flughafen Köln/Bonn im Jahr 2004 (Greiser et al. 2006)

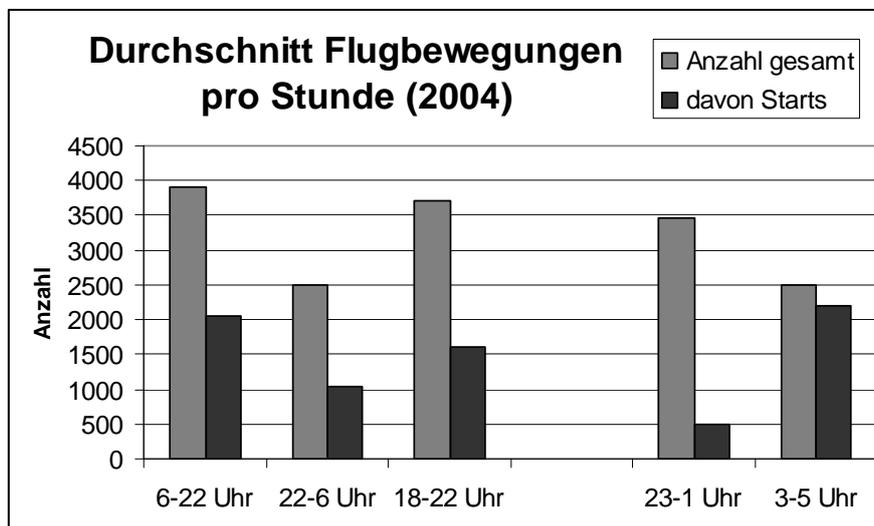
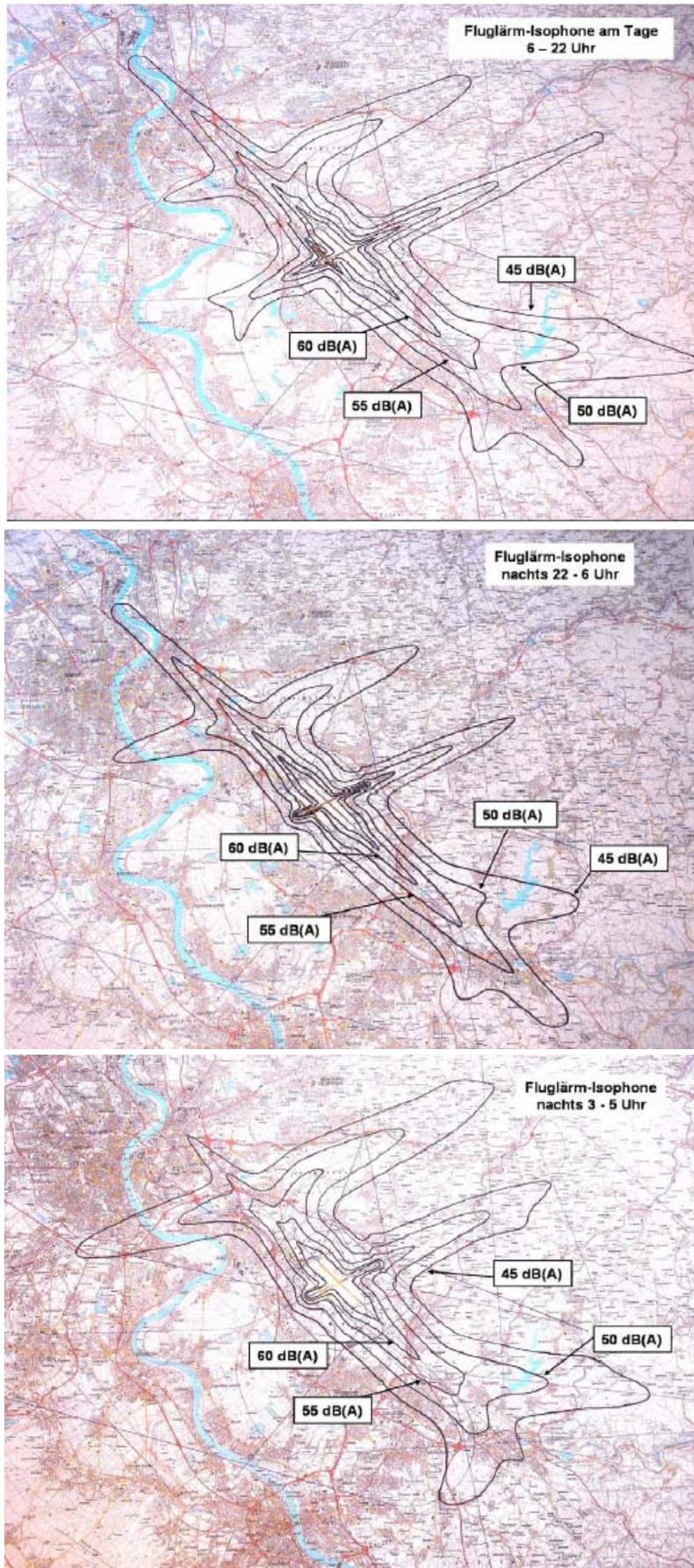
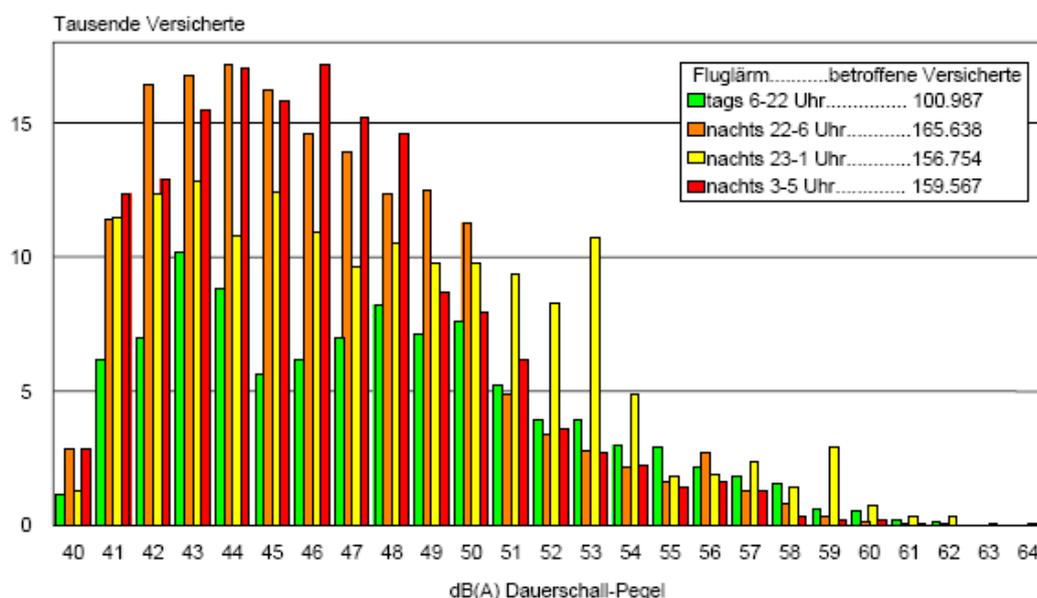


Abb. 25 Fluglärmstudie Kön/Bonn – Erwachsene – Fluglärmbelastung am Tage (oben), in der Nacht (Mitte) und von 3-5 Uhr (unten) Greiser et al. 2006



Die Abbildung der Lärmkonturen lässt diese erhebliche Lärmbelastung in der Nacht (3-5 Uhr) auch gut erkennen; in dieser Zeit sind sogar mehr Menschen von Fluglärm betroffen als am Tage (> 165.000 im Vergleich mit 100.000). Abb. 26 zeigt die Verteilung der von Fluglärm betroffenen Versicherten in Abhängigkeit vom der Fluglärmbelastung zu unterschiedlichen Tageszeiten.

Abb. 26 Fluglärmstudie Düsseldorf – Kinder und Erwachsene – Anteil der durch Fluglärm am Tage und in der Nacht betroffenen Versicherten (Greiser et al., 2006)



In Tab. 43 sind die Häufigkeiten der Verordnungen für verschiedene Medikamentengruppen für Männer und Frauen in unterschiedlichen Altersgruppen dargestellt. Generell nehmen die Verordnungen mit steigendem Alter zu; insbesondere bei Schlaf- und Beruhigungsmitteln werden Frauen sehr viel häufiger verschrieben als Männern.

Auf Stadtteilebene zeigten sich signifikante Zusammenhänge zwischen der Medikamentenverordnung und dem Anteil an Personen, die von Sozialhilfe leben, deswegen wurde für die weiteren Berechnungen der Sozialhilfe-Index im Stadtteil als möglicher Confounder berücksichtigt.

Bei der Berechnung der Odds-Ratios (adjustiert für Straßen- und Schienenlärm am Tage, Alter, Sozialhilfe- und Altenheimplatzdichte im Wohnumfeld) zeigten sich Assoziationen zwischen Fluglärmbelastung und Bluthochdruck- sowie Herz-Kreislauf-Mitteln, die bei Frauen für alle Tageszeiten signifikant waren, bei Männern hingegen waren die Assoziationen geringer und eher bei nächtlicher Belastung und bei höheren Lärmbelastungen über 47-62 dB(A) signifikant. (Tab. 9). Die Verordnungshäufigkeit von Beruhigungs- und Schlafmitteln an Frauen zeigte durchweg signifikante Assoziationen zur Fluglärmbelastung, bei Männern waren die Assoziationen geringer und teilweise bei höherer Fluglärmbelastung signifikant negativ (d.h. weniger Verordnungen bei höheren Fluglärmbelastungen) (Tab. 10).

Tab. 43 Fluglärmstudie Köln-Bonn – Kinder und Erwachsene – Verschreibung verschiedener Medikamentengruppen an Krankenversicherte (Greiser et al. 2006)

Geschlecht / Altersgruppe	Versicherte	Medikamente gegen					
		Bluthochdruck	Herz-Kreis-laufer-Krankh.	Beruhigungs-, Schlafmittel	Depressionen	Magen-Darm-krankh,	restl.
Männer	Anzahl	%	%	%	%	%	%
< 10 J	115099	10,3	4,7	6	4,6	29,8	83,2
10-19 J	35051	0,6	0,9	1,3	2,2	29,7	75,6
20-29 J	44359	2,2	0,6	2,5	3	18,1	57,6
30-39 J	50752	6	2,1	4,3	5,8	22,5	64,9
40-49 J	47321	15,2	6,8	6,6	7,8	26,7	70,4
50-59 J	35408	34,4	17,7	9,1	10,5	31	75,2
60-69 J	37447	54,2	30,6	10,9	10,3	36,4	80
70-79 J	21574	66,8	41,8	15,2	12,3	40,9	83,8
> 80 J	9018	67,3	44,3	19,2	13,5	42,9	80,3
Summe	396029	19,3	10,4	6,6	6,4	28,8	74,7
Frauen							
< 10 J	109945	10,3	4,7	5,8	4,6	29,5	82,9
10-19 J	33394	0,9	2,5	1,7	1,5	33,8	80,4
20-29 J	45415	2,7	2,6	3,9	5,3	27,1	69,2
30-39 J	45496	6,5	3,1	6,4	9,6	26,8	72,2
40-49 J	44720	16,3	5,8	9,8	13,9	29	75
50-59 J	36614	35,1	13,7	13,3	18,8	34,5	79,9
60-69 J	39680	54,4	26,9	16,3	18,7	38,5	82,4
70-79 J	30437	71	41,6	22,0	22,3	46,7	86,7
> 80 J	27649	72,6	46,1	28,1	21,8	50,1	82,4
Summe	413350	24	12,6	10,1	11	33,2	79,1

Die Autoren kamen zu folgenden Schlussfolgerungen: „Es zeigten sich von der Lärmintensität abhängige Erhöhungen der Verordnungshäufigkeit und der Verordnungsmenge für Arzneimittel zur Behandlung erhöhten Blutdrucks, Arzneimittel zur Behandlung von Herz- und Kreislauf-Erkrankungen, Tranquillizern, Beruhigungs- und Schlafmitteln. Die Effekte waren bei Frauen deutlich stärker ausgeprägt als bei Männern. Dieser Befund erklärt sich dadurch, dass Frauen nach allen vorliegenden Untersuchungen häufiger einen niedergelassenen Arzt konsultieren und deswegen auch häufiger eine Arzneiverordnung erhalten als Männer. Eine Kombination verschiedener Arzneimittelgruppen, die ein Indikator für schwerer erkrankte Patienten ist, wurde in Abhängigkeit von der Fluglärmintensität deutlich häufiger verordnet als Arzneimittel der einzelnen Arzneimittelgruppen für sich allein. Die stärksten Effekte waren durch Fluglärm in der zweiten Nachthälfte (3.00-5.00 Uhr) zu beobachten. Die Verordnung von Tranquillizern, Schlaf- und Beruhigungsmitteln als einzelne Arzneimittelgruppe ist bei Männern in Abhängigkeit von der Fluglärmintensität nicht erhöht, bei Frauen finden sich Erhöhungen um 29% in Gegenden mit geringerer nächtlicher Fluglärmbelastung und um 35% in Regionen mit stärkerem Fluglärm.

Zusätzliche Analysen zeigen, dass die wesentlichen Effekte in Regionen mit einem ungünstigeren Sozialstatus z.T. stärker ausfallen als in Regionen mit geringerer Häufigkeit von Sozialhilfeempfängern. Bei einer weiteren Zusatzuntersuchung zeigte sich, dass Straßenverkehrslärm allein imstande ist, die Verordnungshäufigkeit von blutdrucksenkenden Arzneimitteln und Medikamenten zur Behandlung von Herz- und Kreislauf-Erkrankungen zu erhöhen.

Die Ergebnisse dieser Studie erlauben nicht die Feststellung eines Kausalzusammenhanges zwischen Fluglärm und Arzneiverordnungen, da wesentliche Faktoren, die zur Krankheitsentstehung und damit zu Arzneiverordnungen führen können, nicht berücksichtigt werden konnten. Dieses wäre nur in einer epidemiologischen Fall-Kontroll-Studie möglich, bei der bei einzelnen Patienten und einer Vergleichsgruppe aus der Allgemeinbevölkerung diese Faktoren zusätzlich erhoben würden.

Die Studie wurde von einem wissenschaftlichen Beirat begutachtet, der feststellte:

„In der vorliegenden Studie ist ein innovativer Ansatz gewählt worden, der es gestattet, die Frage eines Zusammenhangs zwischen Fluglärm und gesundheitlichen Beeinträchtigungen auf der Grundlage von Arzneimittelverordnungen zu analysieren. Der Vorteil dieses Ansatzes liegt darin, dass Routinedaten verwendet werden, die nicht durch Selektion oder unzureichende Beteiligung verzerrt sein können. Zudem sind die Daten unabhängig der eigenen Einschätzung des Fluglärms, ein „reporting bias“ kann also ausgeschlossen werden. Ferner gelingt es auf diese Weise, einen sehr großen Studenumfang und damit eine potentiell starke statistische Aussagekraft zu erreichen.

Im Ergebnis zeigt die Studie konsistente Assoziationen zwischen Arzneimittelverordnungen für Kandidatenmedikamente, deren Verordnung bei Krankheiten und Beschwerden erfolgt, die im Zusammenhang mit Lärmbelastungen diskutiert werden. Die Ergebnisse sind besonders klar für die Medikamentengruppen Antihypertensiva und Cardiacia, die zur Behandlung von hohem Blutdruck und Herzkrankheiten verordnet werden. Zumindest bei Frauen gilt dies auch für Tranquilizer/Sedativa/ Hypnotika und Antidepressiva.

Vergleicht man die Ergebnisse nach Zeitscheiben, dann sind die Assoziationen mit der Arzneimittelverordnung für Nachtlärm deutlich klarer als für Taglärm.

Die Ergebnisse sind konsistent in Hinblick auf die Geschlechtsabhängigkeit, sie sind vorhanden für die Kandidatenarzneimittel und für die unspezifische Gruppe der restlichen Arzneimittel meist schwächer ausgeprägt, es zeigen sich überwiegend stärkere Assoziationen bei höheren Fluglärmexpositionen.

Es gibt keine Hinweise, dass die Assoziationen der Arzneimittelverordnung mit dem Fluglärm durch andere Lärmarten, insbesondere Straßenverkehrslärm, vorgetäuscht werden.

Es gibt eine starke Sozialstatusabhängigkeit, die sich darin zeigt, dass die Ergebnisse erst nachweisbar werden, wenn der Sozialstatus bei der Auswertung berücksichtigt wird. Dieser Sachverhalt konnte aber durch die gewählte Modellbildung adäquat behandelt werden.

Als Limitationen sind anzuführen, dass in der Regel nicht die höchste Lärmkategorie, sondern die zweithöchste die stärksten Assoziationen zeigt. Auch spricht die Tatsache, dass ein lineares Modell keine klaren Ergebnisse geliefert hat, dafür dass offenbar kein einfacher linearer Expositions-Wirkungs-Zusammenhang besteht, was die Interpretation der Ergebnisse etwas erschwert.

Insgesamt liefert die Studie von Prof. Greiser weitgehend konsistente Ergebnisse. Bei Interpretation ist allerdings Folgendes zu beachten, worauf der Autor in seinem Projektantrag zu Recht hinweist (Greiser 2005): „Sollte sich als Ergebnis einer solchen Studie zeigen, dass in Zonen, die durch Fluglärm stärker belastet sind, im Vergleich zu weniger belasteten Zonen niedergelassene Ärzte häufiger Psychopharmaka oder Mittel zur Behandlung von Bluthochdruck bzw. Herzkrankheiten

anwenden, so darf dieser Befund auf keinen Fall als kausaler Beweis dafür herangezogen werden, dass die den Verordnungen zugrunde liegenden Erkrankungen durch Fluglärm hervorgerufen wären. Dieser Schluss ist deswegen unzulässig, weil neben Lärm jeder Art für die in Frage kommenden Erkrankungen eine Vielzahl von anderen Risikofaktoren wissenschaftlich etabliert ist. Die Berücksichtigung dieser Risikofaktoren ist aber im Rahmen einer solchen ökologischen Studie unmöglich.“

Ferner ist zu beachten, dass Umweltexpositionen in der Regel keine neuen Krankheiten verursachen, sondern meist Krankheitsbilder verstärken oder verschlimmern, die durch andere Mechanismen ausgelöst wurden“.

Haines MM, Stansfeld SA, Job RF, Berglund B, Head J. Chronic aircraft noise exposure, stress responses, mental health and cognitive performance in school children. Psychol Med (2001a) 31: 265-77

Im Umfeld des Flughafens London Heathrow wurden verschiedene schulbezogene größere Querschnittuntersuchungen zur Auswirkung des Fluglärms auf die Gesundheit und die kognitive Leistungsfähigkeit bei Schulkindern im Alter von 8-11 Jahren durchgeführt. Verglichen wurden Kinder aus fluglärmbelasteten Schulen mit Vergleichsschulen ohne Fluglärmbelastung. Die Kinder wurden umfangreichen Tests unterzogen. Erhoben / untersucht wurde:

- **Lärmbelastigung:** 7 „kinderangepasste“ Standardfragen nach Grad der Belästigung bei Lärmbelastung zu Hause: Flug-, Bahn-, Straßen- und Nachbarschaftslärm
- **Stress-Skala:** 20 stressprovozierende Situationen/Fragen für die Kinder- z.B. Hausaufgaben nicht gemacht, Schulwechsel, Schwierigkeiten mit dem Lehrer - und Frage wie schlecht sich die Kinder dabei fühlen (qualitativ) bzw. wie häufig sie solche Situationen erlebten (quantitativ, skaliert)
- **Cortisol im Speichel** (Untergruppe)
- **Depression:** Fragebogen; Kurzversion des Child Depression Inventory (CDI)
- **Angst:** Fragebogen; überarbeitete Child Manifest Anxiety Scale (CMAS)
- **Leseverständnis:** (reading comprehension): UK standardisierte Skala (Suffolk reading Skala; d.h. nach Lesen eines Textes müssen 70 multiple choice Fragen zu diesem Text beantwortet werden, die zeigen, ob die Inhalte des Textes verstanden wurden
- **Aufmerksamkeit:** (sustained attention): Teile aus „Tests of Everyday Attention for Children“ (TEA-Ch): Punkterreichung bei einem Computerspiel
- **Selbst berichtete Gesundheit:** (u. a. Kopfschmerzen, Müdigkeit, Schlafstörungen)
- **Motivation:** (Kinder – und Lehrerfragebogen)
- **Cofaktoren (soziale):**
 - „Haushaltsbenachteiligungs-Index“ (household deprivation score): Einkommen, Wohndichte (Bewohner/m²), Wohneigentum, Arbeitslosigkeit
 - Muttersprache, „main language“, d.h. die in der Familie gesprochene Sprache
 - Hautfarbe (weiß, nicht weiß)

Die Fluglärmbelastung wurde den staatlichen Fluglärmkarten entnommen. An den belasteten Schulen lagen die Fluglärmpegel > 66 dB(A)(16 h, 7 – 23 Uhr), an den nicht belasteten < 57 dB(A) (16 h, 7 – 23 Uhr).

In einer **ersten Querschnitt-Untersuchung** (Haines et al., 2001 a) wurden 340 Kinder getestet, je aus 4 Schulen mit Fluglärmbelastung < 57 und > 66 dB(A). Die Responseraten lagen bei 77 % der Kinder und 100 % der Lehrer; kein sign. Unterschied zwischen den unterschiedlich lärmbelasteten Schulen. Die weitaus meisten Kinder lebten seit mehr als 4 Jahren in ihrer Wohnung und besuchten seither dieselbe Schule.

Ergebnisse : Auch wenn versucht wurde, möglichst vergleichbare Gruppen zu finden, zeigte sich doch, dass die Kinder, die die fluglärmbelasteten Schulen besuchten, häufiger aus „nicht-weißen“ Familien mit anderer Muttersprache als die Landessprache und mit geringerem Sozialstatus kamen. So waren in den fluglärmbelasteten Schulen 37 % der Kinder „Weiße“ und hatten 65 % der Kinder

Englisch als Muttersprache im Vergleich mit 88 % bzw. 93% der Kinder aus den nicht fluglärmbelasteten Schulen. 60 % der Kinder aus den nicht fluglärmbelasteten Schulen konnten einem höheren Sozialstatus zugeordnet werden, aber nur 47 % der Kinder aus den fluglärmbelasteten Schulen (Tab. 45). Da diese Faktoren die in den Tests geprüften Leistungen der Kinder mit beeinflussen können, wurden die erhaltenen Ergebnisse im Hinblick auf diese Einflussfaktoren „adjustiert“.

Kinder der fluglärmbelasteten Schulen gaben signifikant häufiger eine höhere **Belästigung durch Fluglärm** an; die Belästigung durch Fluglärm zeigte keine Beziehung zu anderen Lärmquellen wie Bahn-, Straßen- oder Nachbarschaftslärm. Der Unterschied blieb auch nach Korrektur für o. g. Einflussfaktoren (Herkunft, Muttersprache, Sozialstatus) signifikant. Der **Cortisolspiegel im Speichel** – als Stress-Parameter untersucht – zeigte keinen signifikanten Unterschied zwischen den unterschiedlich lärmbelasteten Gruppen.

Es wurden keine signifikanten Unterschiede zwischen den unterschiedlich lärmbelasteten Gruppen gefunden im Hinblick auf **Angst und Depression, psychische Auffälligkeiten (wie Hyperaktivität, Verhaltensprobleme, emotionale Probleme etc.)**, körperliche Gesundheit, nach Angaben der Kinder und ihrer Eltern: **allgemeine Gesundheit, Kopfschmerzen, Müdigkeit und Schlafstörungen**.

Kinder aus den fluglärmbelasteten Schulen wiesen ein signifikant geringeres **Leseverständnis** auf als Kinder aus den Vergleichsschulen (98,48 Punkte vs. 102,66 Punkte); der Unterschied blieb auch nach Berücksichtigung der Kofaktoren (s. o.) signifikant.

Während Fluglärm offenbar das **Kurzzeitgedächtnis** und die Abruffunktion des **Langzeitgedächtnisses** nicht beeinflusst, hatten Kinder aus den lärmbelasteten Schulen im Mittel signifikant schlechtere Werte bei der Testung des Langzeitgedächtnisses (Wiedererkennungsfunktion).

Auch im Hinblick auf die **Motivation** – Fragebogen Kinder und Lehrer – ergaben sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen (5,86 lärmbelastet; 5,93 nicht lärmbelastet); ebenso wenig wurden signifikante Unterschiede in der Ursachenzuschreibung (Attribution) für Fehler gefunden (4,07 lärmbelastet vs. 3,51 nicht lärmbelastet).

Zusammengefaßt kamen die Autoren nach dieser ersten Querschnittstudie zu folgendem Schluß:

- Eine chronische Fluglärmexposition ist signifikant mit **Belästigung** assoziiert (kein Zusammenhang mit Straßen-, Bahn- oder Nachbarschaftslärm).
- Die Assoziation zw. Fluglärm, **Leseverständnis und Langzeitgedächtnis** (Wiedererkennung) legt nahe, dass chronische Fluglärmbelastung kognitive Fähigkeiten beeinträchtigt.
- Die Assoziation zwischen Fluglärmexposition und Leseverständnis war nicht auf die angegebene Belästigung, aktuelle Lärmpegel oder Sozialfaktoren zurück zu führen.
- Chronischer Fluglärm war **nicht** mit psychischer (mental) Gesundheit der Kinder assoziiert (Angst, Depression, Hyperaktivität und Verhaltensprobleme etc.).
- Es fanden sich **keine** Assoziation zwischen Fluglärmbelastung an der Schule mit
 - Gesundheit (FB) Kopfschmerzen, Müdigkeit, Schlafstörungen
 - Cortisol im Speichel – als Stressindikator
 - Motivation und Fehlerattribution der Kinder

Haines MM, Stansfeld SA, Job RF, Berglund B, Head J. A follow-up study of effects of chronic aircraft noise exposure on child stress responses and cognition. *Int J Epidemiol* (2001b) 30: 839-45

Längsschnittuntersuchung: Ein Jahr nach der o. g. Erstuntersuchung (Haines et al., 2001a) konnten 271 Kinder mit den gleichen Methoden (s. S. 129) nachuntersucht werden, das entspricht 81 % der erstuntersuchten Kinder.

Kinder aus den lärmbelasteten Schulen gaben weiterhin signifikant häufiger **Belästigung** durch Fluglärm an. Chronische Fluglärmbelastung an der Schule war signifikant mit größerer **Stresswahrnehmung** (qualitativ) assoziiert, im Hinblick auf die angegebenen Häufigkeit von beeinträchtigenden Stressereignissen und dem Stresserleben insgesamt ergaben sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen. Weiterhin wurden keine Unterschiede zwischen den unterschiedlich lärmbelasteten Gruppen im Hinblick auf **Angst oder Depression** gefunden. Das **Leseverständnis** (Sprachverständnis durch Lesen) war weiterhin deutlich - und zunehmend – durch die Fluglärmbelastung vermindert. Kinder aus Schulen mit höherer Fluglärmbelastung hatten eine schlechtere Bewertung im Hinblick auf **Aufmerksamkeit** als Kinder aus weniger lärmbelasteten Schulen.

Tab. 44 Fluglärmstudie Schulen in London – Kinder - Belästigung, Stresserleben, Angst, Depression und kognitive Fähigkeiten bei Kindern (dargestellt sind verschiedene Skalenwerte) der hoch und der weniger hoch fluglärmbelasteten Schulen sowie Zusammenhangsanalysen (Haines et al., 2001)

	> 66 dB(A)	< 57 dB(A)	Unterschied	Konfidenzintervall	Signifikanz
Belästigung	1,0	0,56	-0,44	-0,73; -0,15	Ja
Selbstangabe zu Stress					
Ausmaß	3,5	3,19	-0,31	-0,5; - 0,12	Ja
Häufigkeit	1,89	1,96	0,07	-0,07; +0,22	Nein
gesamt	6,56	6,2	-0,36	-1,04; +0,33	Nein
Depression	4,5	4,58	0,08	-1,27; +1,42	Nein
Angst	10,94	11,12	0,18	-2,05; +2,38	Nein
Kognitive Fähigkeiten					
Leseverständnis	100,63	105,21	4,58	+0,54; +8,63	Ja
Aufmerksamkeit	8,44	8,91	0,47	+0,01; +0,93	Ja

Die Autoren zogen folgende wesentlichen Schlussfolgerungen aus dieser Nachuntersuchung:

- Die negativen Assoziationen zwischen Fluglärm und Leseverständnis, Lärmbelastung und psychischer Gesundheit wurden auch bei der Folgeuntersuchung bestätigt.
- Analysen für Einzelpersonen bei beiden Untersuchungen geben Hinweise, dass die fortdauernde Lärmbelastung das Leseverständnis zunehmend beeinflusst (nicht sign.), aber von sozioökonomischen Faktoren überlagert wird. Die Belästigung blieb über ein Jahr konstant, ohne Hinweise auf Gewöhnung.
- Die negative Assoziation zw. Fluglärm und Leseverständnis wurde durch die abnehmende Aufmerksamkeit (anhaltende Aufmerksamkeit – sustained attention) nicht beeinflusst.
- Fluglärm war mit schlechterer Aufmerksamkeit assoziiert.
- Fluglärm war mit Beeinträchtigung/Belästigung assoziiert; keine Hinweise auf Gewöhnung.

Haines MM, Stansfeld SA, Brentnall S, Head J, Berry B, Jiggins M, Hygge S. The West London Schools Study: the effects of chronic aircraft noise exposure on child health. Psychol Med (2001c) 31: 1385-96

In einer dritten Publikation wurde über die Untersuchung von 451 Kindern (8-11 J) im Umfeld von je 10 Schulen mit hoher (> 63 dB(A) – 16h) und niedriger (< 57 dB(A) – 16 h) Fluglärmbelastung berichtet (s. auch Haines et al. 2001 a, b).

Wiederum wurden die Schulen nach ihrer Lärmbelastung anhand der staatlichen Fluglärmkarten klassifiziert und im Wesentlichen die gleichen Untersuchungsmethoden wie bei den beiden bisher beschriebenen Londoner Untersuchungen (Response insgesamt 82%, kein Unterschied zwischen fluglärmbelasteten und nicht lärmbelasteten Schulen) angewandt:

- Lärmbelästigung: 4 kinderangepasste Standard-Fragen; Wahrnehmung von Flug- oder Straßenlärm zu Hause und in der Schule
- Lewis Stress-Skala für Kinder
- Fragebogen zu Stärken und Schwächen (Strength and Difficulties Questionnaire, SDQ)
- Kognitive Fähigkeiten und Leistungen; Lese-Skala (Suffolk Reading Scale) mit 70 multiple choice Fragen mit je 4 Antwortmöglichkeiten, Gedächtnis, Aufmerksamkeit
- Katecholamine (Adrenalin, Noradrenalin und Cortisol) im Morgenurin (Untergruppe) in jeweils 8 Schulen (mit und ohne Fluglärm)

Ergebnisse: (Tab. 45) Kinder aus den fluglärmbelasteten Schulen gaben deutlich häufiger **Belästigung durch Fluglärm** an als Kinder aus nicht fluglärmbelasteten Schulen; der Unterschied blieb auch nach Korrektur für Alter, Muttersprache in der Familie und „Soziale Benachteiligung“ signifikant. In der Lewis-Skala für Stress unterschieden sich die Kinder aus den unterschiedlich lärmbelasteten Schulen jedoch nicht; d.h. ihr Stresserleben war nicht signifikant unterschiedlich.

Die Kinder aus den unterschiedlich lärmbelasteten Schulen wiesen keine Unterschiede in den kreatininbezogenen **Adrenalin-, Noradrenalin- und Cortisolspiegeln** im Urin (12 h Sammelurin über Nacht) auf nach Berücksichtigung der o. g. Kofaktoren.

Die Kinder mit hoher und niedriger Lärmbelastung zeigten – nach Korrektur für andere soziale Einflussfaktoren (s. o.) - keine sign. Unterschiede bei der Untersuchung der **kognitiven Fähigkeiten wie Leseverständnis (insgesamt), Kurz- und Langzeitgedächtnis** (Abruf und Wiedererkennung) und anhaltende Aufmerksamkeit. Bei differenzierterer Betrachtung allerdings zeigten sich durchaus signifikante Unterschiede im Hinblick auf das **Leseverständnis**: wurden alle 70 Aufgaben bewertet, war der Unterschied zwischen den Gruppen nicht signifikant. wurden allerdings nur die 15 schwierigsten Aufgaben bewertet, so schnitten die fluglärmbelasteten Kinder signifikant schlechter ab. Dieser Unterschied blieb auch nach Korrektur für soziale Einflussfaktoren signifikant.

Abb. 27 Fluglärmstudie Schulen London - Kinder – Sprachverständnis durch Lesen (Leseverständnis) insgesamt über alle 70 Fragen – Vergleich Kinder aus den lärmbelasteten Schulen (schwarze Vierecke) und Kinder aus wenig lärmbelasteten Schulen (helle Kreise) (Haines et al., 2001c)

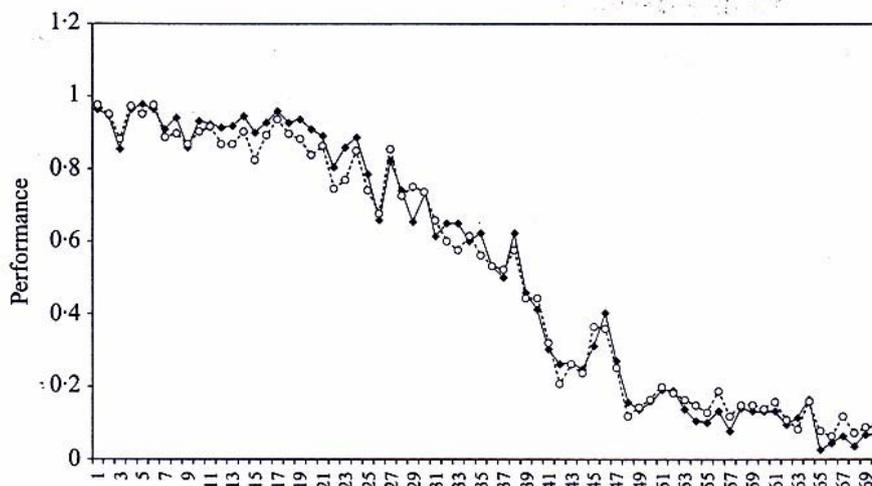
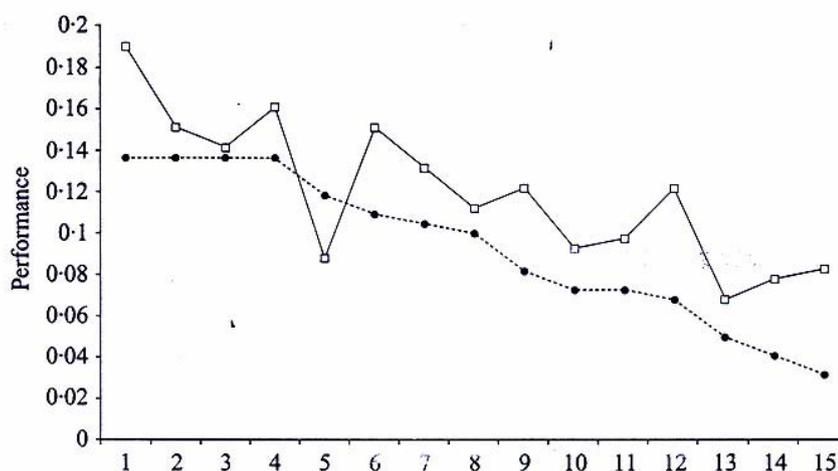


Abb. 28 Fluglärmstudie Schulen London – Kinder - Sprachverständnis durch Lesen (Leseverständnis) nur die 15 schwierigsten Fragen - Vergleich Kinder aus den lärmbelasteten Schulen (schwarze Flächen) und Kinder aus wenig lärmbelasteten Schulen (helle Vierecke) (Haines et al., 2001c)



Kinder aus den fluglärmbelasteten Schulen wiesen schlechtere Ergebnisse im Hinblick auf **psychosoziale Gesundheit** auf als Kinder aus den nicht fluglärmbelasteten Schulen – dies betraf die SDQ-Skala insgesamt (grenzwertig signifikant), aber auch Hyperaktivität (hochsignifikant) – beides auch nach Korrektur für Alter, Muttersprache und Benachteiligung.

Es wurde betont, dass 74 % der Kinder aus den fluglärmbelasteten Schulen auch zu Hause eine hohe Fluglärmbelastung hatten (> 63 dB(A) Leq 16h); während 96 % der Kinder aus den nicht lärmbelasteten Schulen auch in nicht fluglärmbelasteten Wohnungen (< 57 dB(A) Leq 16h) wohnten. Auch wurde auf die hochsignifikanten Unterschiede der akuten Lärmbelastung während der Testung in den Schulen mit hoher und niedriger chronischer Lärmbelastung hingewiesen.

Die Autoren kamen zu folgenden Schlussfolgerungen:

- Fluglärmbelastung an der Schule war assoziiert mit Belästigung und Beeinträchtigung des Leseverständnisses (nur schwierige Aufgaben)- auch nach Kontrolle der Einflussvariablen (Alter, sozialer Benachteiligung und Sprache).

- Fluglärmbelastung war schwach assoziiert mit Hyperaktivität und psychologischer Beeinträchtigung. Dieser Zusammenhang wurde erstmals von der Studiengruppe festgestellt, er war in der Erstuntersuchung an 2x 4 Schulen und der dort durchgeführten Nachuntersuchung nach einem Jahr nicht nachweisbar gewesen.

- Fluglärmbelastung war nicht assoziiert mit Leseverständnis insgesamt, Kurz- oder Langzeit-Gedächtnis oder Aufmerksamkeit. Damit konnten frühere Ergebnisse zur Beeinträchtigung der Wiedererkennungsfunktion des Langzeitgedächtnisses (2x4 Schulen, Erstuntersuchung) nicht bestätigt werden.

- Fluglärm war nicht assoziiert mit
 - Cortisol/Kreatinin im Urin (Analog Erstuntersuchung Cortisol im Speichel)
 - Stress-Erleben (Lewis-Skala)

Tab. 45 Fluglärmstudien Schulen London - Kinder – Zusammenfassung dreier Untersuchungen – Vergleich der Studiengruppen, Lärmbelastung, Ergebnisse der Tests und Befragungen sowie Stresshormone im Urin (Haines et al. 2001a-c)

	2x4 Schulen Erstuntersuchung Haines et al., 2001 Psychol Med			2x4 Schulen Nachuntersuchung Haines et al., 2001 IEA			2x10 Schulen Haines et al., 2001, Psychol Med.		
	> 66 dB(A) 16 h	< 57 dB(A) 16 h	p- Wert	> 66 dB(A) 16h	< 57 dB(A) 16h	p- Wert	> 63 dB(A) 16h	< 57 dB(A) 16h	p- Wert
Fluglärmbelastung									
Kinder (n)	169	171		148	127		236	215	
Familiärer Hintergrund									
Weißer (%)	37	88	0,0001	36	89	0,0001	35	54	0,01
Englisch Muttersprache (%)	65	93	0,0001	66	94	0,0001	59	70	0,01
höherer Sozialstatus (%)	47	60	0,059	47	58	0,19	57 ?	44 ?	0,03
nicht benachteiligt (deprived) (%)	53	64	0,076	53	63	0,16	61	61	1,00
Befragung /Tests							Alter, Deprivation und Sprachadjustiert		
Belästigung	12,09	10,46	0,002	1	0,56	0,003	2,20	1,65	0,0001
Leseverständnis	98,48	102,6	0,009	100,6	105,21	0,027	96,24	95,78	0,68
Langzeitgedächtnis (Abruf)	2,56	2,66	0,665				31,61	31,20	0,79
Langzeitgedächtnis (Wiedererkennung)	3,84	4,26	0,05				23,47	23,71	0,49
Kurzzeitgedächtnis	8,53	8,75	0,73				37,27	38,88	0,27
Psychische Gesundheit									
Depression (CDI)	5,24	4,53	0,179	4,50	4,58	0,92			
Angst (CMAS)	12,6	11,96	0,328	10,94	11,12	0,88			
Psychosozial-Verhalten	8,22	8,02	0,314						
Hyperaktivität	3,44	3,38	0,764				4,80	4,15	0,001
Emotionale Symptome	1,95	2,02	0,971				2,58	2,46	0,58
Verhaltens-Probleme	1,5	1,27	0,246				2,00?	1,80	0,30
Probleme mit Gleichaltrigen	1,89	1,68	0,238				2,13	2,03	0,58
SDQ-gesamt	8,77	8,33	0,45				11,50	10,43	0,06
Stresswahrnehmung (qualitativ)				3,50	3,19	0,002	3,57	3,67	0,15
Stresswahrnehmung (quantitativ)				1,89	1,96	0,33	2,03	2,14	0,05
Anhaltende Aufmerksamkeit				8,44	8,91	0,04	8,16	7,92	0,21
Stress-Hormone									
Basis-Cortisol nm/l	7,5	8,13	0,282						
Kortisol, T2 nm/l	7,7	6,7	0,556						
Adrenalin/Kreatinin; nmol/μmol							3,7	4,18	0,38
Noradrenalin/Kreatinin; nmol/μmol							21,52	23,33	0,25
Cortison/Kreatinin; nmol/μmol							11,98	11,36	0,51

Fettdruck: Unterschiede signifikant

Haines MM, Stansfeld SA, Head J, Job RF. Multilevel modelling of aircraft noise on performance tests in schools around Heathrow Airport London. J Epidemiol Community Health (2002) 56: 139-44

Fragestellung: Einfluss unterschiedlicher Fluglärmbelastung an Schulen auf die Schulleistungen der Schüler.

Große Querschnittuntersuchung bei Kindern von 123 Schulen in London mit unterschiedlicher Fluglärmbelastung. Es wurden keinerlei Tests oder Erhebungen explizit durchgeführt, sondern es wurden die Routine-Schulleistungstests von ca. 11.000 Londoner Kindern aus den 6. Klassen (ca. 11 Jahre) ausgewertet im Hinblick auf die Fluglärmbelastung an diesen Schulen.

Die Fluglärmbelastung der Schulen wurde den offiziellen Fluglärmkarten entnommen und in 3-dB(A)-Schritten (16 Stunden 7-23 Uhr) klassifiziert.

Auf individueller Ebene wurde auch Alter, Geschlecht und Untersuchungsjahr erhoben. Auf Schulebene wurde der Anteil der Kinder, die eine kostenlose Schulspeisung erhielten, als Marker für soziale Benachteiligung erfasst und bewertet. In den fluglärmbelasteten Bereichen waren mehr staatliche Schulen, mehr Kinder mit anderer Muttersprache als Englisch und mit freier Schulmahlzeit anzutreffen, während in den weniger lärmbelasteten Bereichen mehr private/kirchliche Schulen lagen mit einem höheren Anteil an Kindern, die Englisch als Muttersprache sprechen und keiner kostenlosen Schulspeisung bedürfen.

Die Auswertung der Leistungsbeurteilungen der Kinder wurde mit 2 Modellen für die Berücksichtigung der Sozial-Faktoren vorgenommen:

- in einem ersten Modell wurden das Geschlecht der Kinder, das Jahr der Untersuchung und der Schultyp (staatlich vs. kirchlich/privat) berücksichtigt
- in einem zweiten Modell wurde darüber hinaus noch der Anteil der Kinder mit kostenloser Schulspeisung betrachtet.

Ergebnisse:

Die Ergebnisse sind in Tab. 46 und Abb. 29 zusammengefasst dargestellt.

Die Ergebnisse zeigen keine Assoziation des Fluglärms an der Schule mit dem **Schreiben (Handschrift und Aufsatz)**, aber eine deutliche Beeinträchtigung insbesondere bei hohen Fluglärmbelastungen > 69 resp. > 66 dB(A) auf die Leistungsbeurteilungen in Englisch insgesamt, beim **Sprechen und Lesen**, aber auch beim **Rechnen und in den Naturwissenschaften**. Die festgestellten Beeinträchtigungen waren signifikant für Englisch insgesamt sowie Lesen und Rechnen. Nach Korrektur für Geschlecht, Alter und Schultyp wurden die Assoziationen geringer (blieben aber immer noch signifikant). Nach zusätzlicher Betrachtung des Faktors kostenlose Schulspeisung war kein signifikanter Zusammenhang mehr zwischen den verschiedenen Leistungen und zunehmendem Fluglärm an den Schulen erkennbar.

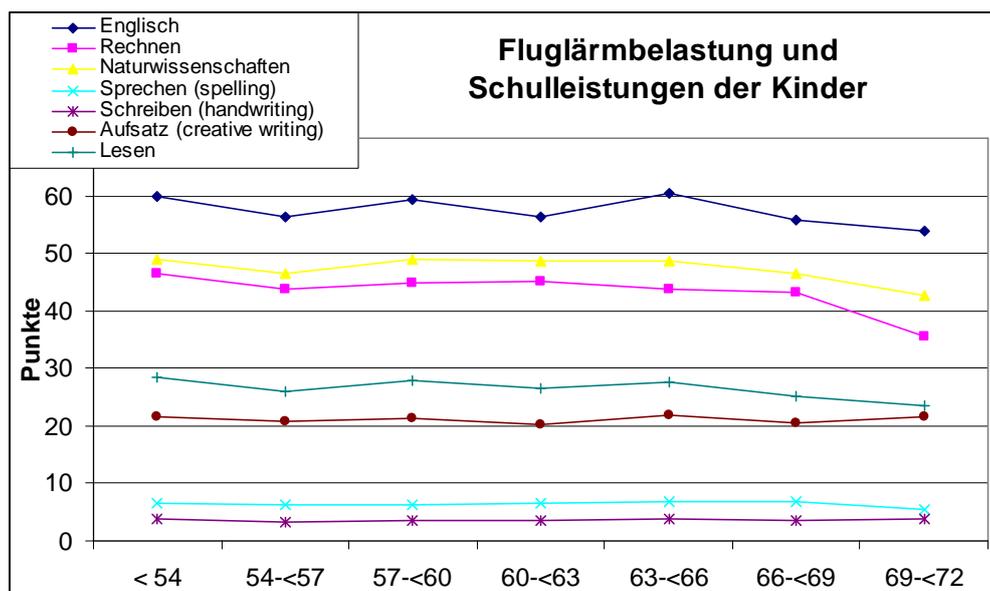
Tab. 46 Fluglärmstudie London - Schulleistungen der Kinder in 123 Schulen in London in Abhängigkeit von der Fluglärmbelastung an den Schulen (Haines et al. 2002)

Fluglärmbelastung an den Schulen dB(A) (16h)	< 54	54- <57	57- <60	60- <63	63- <66	66- <69	69- >72	Differenz	Differenz Modell 1#	Differenz Modell 2##
Leistung der Kinder										
Englisch	60	56,2	59,2	56,2	60,3	55,9	53,9	-0,7	-0,54	0,12
Sprechen (spelling)	6,6	6,4	6,4	6,6	6,8	6,7	5,4	-0,04	-0,02	0,07
Schreiben (handwriting)	3,8	3,4	3,6	3,6	3,9	3,5	3,8	-0,02	-0,01	0,01
Aufsatz (creative writing)	21,6	20,9	21,3	20,2	22	20,5	21,5	-0,13	-0,09	0,01
Lesen	28,5	26	27,9	26,5	27,7	25,2	23,5	-0,52	-0,42	0,03
Rechnen	46,4	43,8	44,8	45	43,8	43,1	35,6	-0,81	-0,73	-0,15
Naturwissenschaften	49	46,4	48,9	48,6	48,6	46,5	42,7	-0,46	-0,44	-0,22

adjustiert für Alter und Geschlecht der Kinder, Jahr der Untersuchung und Schultyp (staatl./kirchlich oder privat)

adjustiert s. o. und darüber hinaus: Anteil der Kinder mit freier Schulspeisung.

Abb. 29 Fluglärmstudie London - Schulleistungen der Kinder in 123 Schulen in London in Abhängigkeit von der Fluglärmbelastung an den Schulen (< 54 dB(A) bis 72 dB(A)) (Haines et al. 2002)



Die Autoren kamen zu folgenden Schlussfolgerungen:

- Fluglärm an der Schule war signifikant assoziiert mit geringerer Lesefähigkeit, aber nicht mit anderen „English performance outcomes“ Sprechen, Schreiben, Handschrift
- Fluglärm an der Schule war signifikant assoziiert mit geringeren Rechenleistungen – auch nach Berücksichtigung des Schultyps
- Nach Berücksichtigung von Geschlecht, Schultyp und freier Schulspeisung (Sozialfaktor) waren die Unterschiede nicht mehr signifikant

Insgesamt wurden Hinweise auf Assoziationen zwischen chronischer Fluglärmbelastung und Schulleistung der Kinder beim Lesen und Rechnen gesehen – mit Dosis-Wirkungsbeziehung, aber: diese Assoziation war von sozioökonomischen Faktoren überlagert.

Haralabidis AS, Dimakopoulou K, Vigna-Taglianti F, Giampaolo M, Borgini A, Dudley ML, Pershagen G, Bluhm G, Houthuijs D, Babisch W, Velonakis M, Katsouyanni K, Jarup L; HYENA Consortium. Acute effects of night-time noise exposure on blood pressure in populations living near airports. Eur Heart J (2008) 29 : 658-64.

Fragestellung: Auswirkungen von kurzfristigen Veränderungen der Geräuschbelastung (Verkehrslärm und Innenraum selbst) auf den Blutdruck und Puls von Probanden im Schlaf.

Methode: 140 Probanden im Umfeld von 4 europäischen Großflughäfen (Athen, Malpensa, Arlanda und London Heathrow). Teilstichprobe der repräsentativen HYENA-Studie (s. Jarup et al., 2008). Blutdruck und Herzfrequenz wurden in 15 min-Abständen nicht-invasiv vorgenommen und automatisch aufgezeichnet. Ausschlusskriterien u.a. manifeste Herz-Kreislauf-Erkrankungen, Schlafstörungen, Diabetes, Nachtschichtarbeit. Messung von Blutdruck und Puls alle 15 Minuten im Schlaf der Probanden.

Lärmmessung: Messung von Lärm im Schlafräum; bei L_{Amax} > 35 dB wurde ein „Lärmereignis“ definiert; die Lärmereignisse wurden in 4 Ursachen-Kategorien eingeteilt: Innenraum, Fluglärm, Straßenlärm und anderer Außenlärm.

Ergebnisse: Tab. 47 zeigt die Daten der Teilnehmer in den einzelnen Untersuchungsgebieten nach Alter und Geschlecht, deren Ausgangswerte für Blutdruck und Puls sowie die nächtlichen Lärmereignisse. An allen Orten mit Ausnahme von Athen waren Innenraumlärmereignisse am häufigsten und Verkehrslärmereignisse deutlich seltener.

Tab. 47 Fluglärmstudie HYENA – Erwachsene – Beschreibung der 140 Studienteilnehmer – und Bedingungen (Haralabidis et al. 2008)

	Athen N=43	London N=16	Mailand N=50	Stockholm N=31
Geschlecht männlich n (%)	14 (32,6)	8 (50,0)	26 (52,0)	16 (48,,5)
Alter Jahre (Standardabweichung)	53 (7,8)	58 (7,9)	56 (7,9)	56 (6,4)
Systol. Blutdruck mmHG Mittelw.(Standardabw.)	111(17,3)	104 (13,2)	110 (15,1)	106 (16,3)
Diastol. Blutdruck mmHG Mittelw.(Standardabw.)	66 (12,3)	62 (10,1)	66 (11,7)	63 (11,2)
Puls/min Mittelw.(Standardabw.)	65 (9,7)	63 (9,2)	64 (10,7)	61 (8,8)
Fluglärmereignisse/Nacht Median (P25-P75)	19 (5-32)	0 (0-17)	2 (0,7)	0 (0-5)
Straßenlärmereignisse/Nacht Median (P25-P75)	1 (0-9)	0 (0-38)	0 (0-1)	0 (0-6)
Innenraumlärmereign./Nacht Median (P25-P75)	14 (8-26)	5 (0-22)	14 (10-22)	9 (5-15)

In den 15-min-Intervallen mit einem Fluglärmereignis kam es allgemein zu einem signifikanten Anstieg des systolischen und diastolischen Blutdrucks um 6,2 mmHg, bzw. 7,4 mmHg und zu einem nicht-signifikanten Pulsanstieg um 5,4 /min. Bei Straßenverkehrslärm und Innenraumlärm wurden vergleichbare Blutdruck-Effekte gemessen. Unter Berücksichtigung des Maximalpegels wurde ebenfalls eine positive Assoziation zu allen Lärmereignissen unabhängig von der Quelle gefunden (Tab. 48). Die entsprechenden Ergebnisse zum diastolischen Blutdruck insgesamt und in Abhängigkeit von den Lärmquellen sind in

Abb. 30 und Abb. 31 dargestellt.

Tab. 48 Fluglärmstudie HYENA – Erwachsene – Effekte verschiedener Lärmbelastungen auf den Blutdruck und die Herzfrequenz der Probanden (gepoolte Daten) (Haralabidis et al. 2008)

	Systol. Blutdruck Anstieg mmHg (95CI)	diastol Blutdruck Anstieg mmHg (95CI)	Puls Anstieg n/min (95CI)
LAeq (15min) (5dB)	0,74 (0,40-1,08)	0,63 (0,34-0,91)	0,26 (0,07-0,44)
LAeq (1min) (5dB)	0,69 (0,36-1,02)	0,55 (0,26-0,84)	0,30 (0,12-0,49)
Fluglärmereignis ja	6,20 (0,63-11,77)	7,39 (3,09-11,69)	5,42 (-2,0-12,85)
LAmx Fluglärmereignis (5dB)	0,66 (0,33-0,98)	0,64 (0,37-0,90)	0,18 (-0,04-0,40)
Straßenlärmereignis ja	4,81 (-2,45-12,1)	3,34 (-7,37-14,0)	-2,76 (-7,3-1,77)
LAmx Straßenlärmereignis (5dB)	0,81 (0,46-1,16)	0,55 (0,26-0,83)	0,01 (-0,41-0,42)
Innenraumlärmereignis ja	7,39 (3,76-11,02)	4,19 (0,65-7,72)	3,0 (0,87-5,13)
LAmx Inneraumlärmereignis (5dB)	0,87 (0,17-1,57)	0,68 (0,43-0,92)	0,21 (0,01-0,41)

Abb. 30 Fluglärmstudie HYENA – Erwachsene – Erhöhung des diastol. Blutdrucks bei Lärmanstieg um 5 dB(A) im 15-min-Intervall (links) und 1 min-Intervall (rechts) in den verschiedenen Städten und insgesamt (Haralabidis et al. 2008)

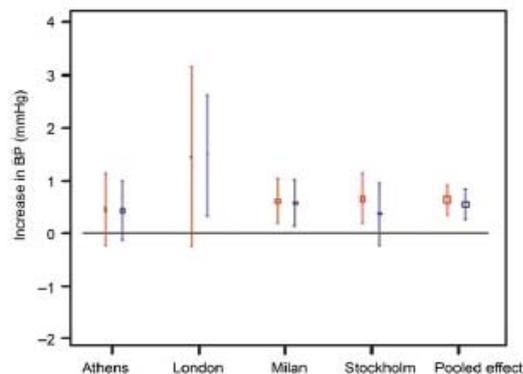
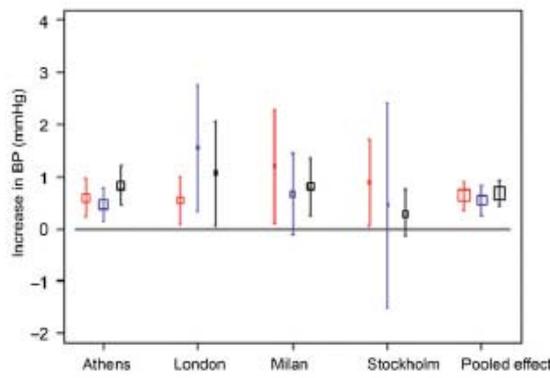


Abb. 31 Fluglärmstudie HYENA – Erwachsene – Erhöhung des diastol. Blutdrucks bei Lärmereignissen und Lärmzunahme um 5 dB(A) in Abhängigkeit von der Ursache (Fluglärm links; Straßenverkehrslärm Mitte; Innenraumlärm rechts) in den verschiedenen Städten und insgesamt (Haralabidis et al. 2008)



Insgesamt stellten die Autoren fest, dass nächtlicher Lärm zu einem Anstieg des Blutdrucks und der Herzfrequenz führt. Die verschiedenen Lärmquellen führten zu vergleichbaren Blutdruckveränderungen. Die häufigste Lärmquelle war der Innenraum, und hier das Schnarchen. Die Tatsache, dass die Effekte bei Betrachtung von 1- und 15-min-Intervallen vergleichbar waren, weist eher auf einen länger bestehenden und nicht nur sehr kurzen Effekt des Lärms auf den Blutdruck hin. In dieser Studie wurde ein Lärmereignis ab 35 dB(A) im Innenraum definiert, d.h. unterhalb der aus anderen Studien bekannten Aufwachswellen von 40-45 dB(A). Die Blutdruckanstiege traten also ein, ohne dass die Probanden das Lärmereignis bewusst wahrgenommen hätten.

Hygge S, Evans GW, Bullinger M. A prospective study of some effects of aircraft noise on cognitive performance in schoolchildren. Psychol Science (2002) 13: 469-74

Fragestellung: Auswirkung von Fluglärm auf Wohlbefinden, kognitive Fähigkeiten Stress und Blutdruck bei Kindern

Prospektive Längsschnittuntersuchung 1991/93. Sechs Monate vor sowie 6 und 18 Monate nach Schließung des alten und Eröffnung des neuen Flughafens wurden 326 Kinder im Alter von 9-13 Jahren untersucht (response 22%); Einschlusskriterien waren: seit mindestens 2 Jahren am Ort zu wohnen und gut deutsch sprechen/ verstehen (wegen der Fragebögen) (s. auch Bullinger et al., 1999 und Evans et al., 1998) . Es wurden 4 Gruppen gebildet, jeweils 2 „Fluglärmgruppen“ (Belastungsgruppe alter Flughafen und Belastungsgruppe neuer Flughafen) sowie zu den jeweiligen „Lärmgruppen“ Kontrollgruppen ohne Fluglärmbelastung. Mit dieser Studienanordnung konnten nicht nur Belastungsgebiete mit Kontrollgebieten im Querschnitt verglichen werden, sondern im Längsschnitt auch prospektiv die Auswirkung wegfallender und neuer Fluglärmbelastung.

Lärmmessung: Die Fluglärmbelastung im Wohnumfeld der Kinder wurde vor und nach Schließung des alten und Eröffnung des neuen Flughafens gemessen:

Tab. 49 Fluglärmstudie München – Kinder – Fluglärmbelastung vor und nach Eröffnung des neuen Flughafens

	6 Mo vor	18 Mo nach
Fluglärm* (24 h dB(A))		
Neuer Flughafen - Belastung	53	62
Neuer Flughafen - Kontroll	53	55
Alter Flughafen - Belastung	68	54
Alter Flughafen - Kontroll	59	55

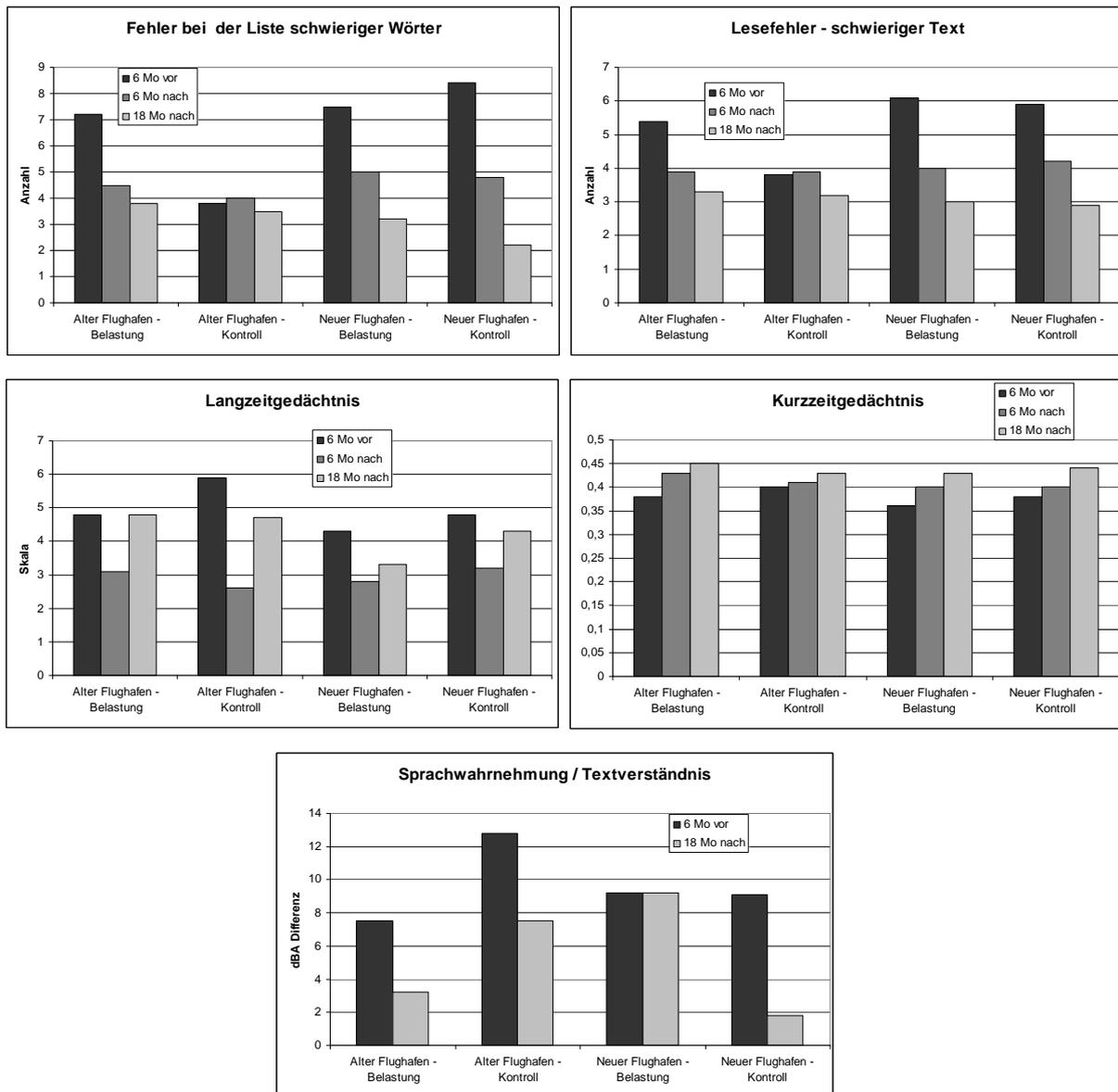
Untersucht wurden **Kognitive Fähigkeiten**

- **Lesetest:** Lesen von Texten und Wörterlisten mit zunehmender Schwierigkeit einschließlich Pseudowörter
- **Gedächtnisleistung:**
 - **Langzeitgedächtnis:** Lesen eines Textes bei Beschallung mit 80 dB(A), Überprüfung der Erinnerungsfähigkeit am nächsten Tag
 - **Kurzzeitgedächtnis:** über Kopfhörer den Kindern vorgespielte Konsonanten-Reihen waren nach zufälliger Unterbrechung in der richtigen Reihenfolge aufzuschreiben
- **Aufmerksamkeit:**
 - **Visuelle Erkennungsfähigkeit** (visual search): Nach Präsentation von 12 komplexen und 5 einfachen Figuren musste angegeben werden, welche einfachen Figuren in den komplexen Figuren enthalten sind.
 - **Reaktionszeit:** Nach Präsentation von roten und grünen Lichtern waren zwei verschiedene Knöpfe zu drücken, diese Aufgabe war bei Ruhe- und unter Lärmbedingungen (85 dB(A)) zu erfüllen.
- **Spracherkennung:** Kinder hörten eine Geschichte bei unterschiedlichen Lärmbelastungen (Fluglärm, Straßenlärm etc.) und mussten selbst regulieren, wann sie die Geschichte gut hören konnten, ermittelt wurde die notwendige Lautstärkedifferenz.

Ergebnisse:

In der Abb. 32 sind die Ergebnisse graphisch dargestellt. In Tab. 50 sind die Zusammenhangsanalysen zusammengefasst.

Abb. 32 Fluglärmstudie München - kognitive Fähigkeiten bei den Kindern im Umfeld des alten und neuen Münchner Flughafens sowie bei den jeweiligen Kontrollgruppen, 6 Monate vor sowie 6 und 18 Monate nach Schließung des alten und Eröffnung des neuen Flughafens (Hygge et al. 2002)



Tab. 50 Fluglärmstudie München – Kinder - Ergebnisse der kognitiven Tests (Hygge et al.2002)

		P -Wert
Lesetest	Flughafen x Gruppe x Welle	0,007
	T-Test: Flughafen alt x Welle 1	0,009
	T-Test: Flughafen neu x Welle 3	0,074
Liste schwieriger Wörter	Flughafen x Gruppe x Welle	0,018
	T-Test: Flughafen alt x Welle 1	0,007
	T-Test: Flughafen neu x Wellen 2 und 3	n.sign.
Langzeit-Gedächtnis	Flughafen x Gruppe x Welle	0,015
	T-Test: Flughafen alt x Welle 1	0,062
	T-Test: Flughafen neu x Wellen 3	0,007
Kurzzeit-Gedächtnis	T-Test: Flughafen alt x Welle 1	0,092
	T-Test: Flughafen neu x Wellen 1, 2 und 3	n.sign
Aufmerksamkeit - Reaktionszeit	Flughafen x Gruppe x Welle	0,004
	T-Test: Flughafen alt x Welle 2	0,026
	T-Test: Flughafen neu x Welle 3	0,039
Sprachwahrnehmung	Flughafen neu Gruppen x Wellen	0,000

Kognitive Leistungen

Lesefähigkeit: Im Bereich des alten Flughafens machten die lärmbelasteten Kinder signifikant mehr Fehler bei den Lesetests als die Kinder aus dem Kontrollbereich; alle Kinder zeigten über die Zeit eine Verbesserung, wobei die ehemals fluglärmbelasteten Kinder sich sehr stark verbesserten und die Unterschiede zu den Vergleichskindern nahezu verschwanden. Im Bereich des neuen Flughafens fiel auf, dass alle Kinder vor Eröffnung des Flugbetriebs eine höhere Fehlerrate zeigten als die Kinder unter Fluglärmbelastung am alten Flughafen. Mit der Zeit war aber eine deutliche Verbesserung feststellbar – in der neu fluglärmbelasteten Gruppe, aber auch in der Kontrollgruppe. Während sich die Leseleistung insgesamt nicht zwischen fluglärmbelasteten Kindern und Vergleichskindern unterschied, zeigten gerade bei den schwierigsten Aufgaben die neu fluglärmbelasteten Kinder eine signifikant schlechtere Leseleistung.

In allen Gruppen nahmen die Leistungen bei der Testung des **Kurzzeitgedächtnisses** über die Zeit (altersgemäß) zu. Im Bereich des alten Flughafens hatten die lärmbelasteten Kinder zunächst schlechtere Leistungen, sie erreichten nach Schließung des Flughafens sogar höhere Werteskalen als die entsprechenden „Vergleichskinder“. Im Bereich des neuen Flughafens hatten die Kinder der Belastungsgruppe vor Eröffnung des Flughafens niedrigere Werte für das Kurzzeitgedächtnis; auch hier war eine Zunahme nach Eröffnung des Flughafens zu erkennen; insgesamt ergaben sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen. Bei der Überprüfung des **Langzeitgedächtnisses** fiel auf, dass die lärmbelastete Gruppe am alten Flughafen schlechtere Leistungen erbrachte als die Vergleichskinder; darüber hinaus war eine Abnahme von der ersten zur zweiten Untersuchungsserie in allen Gruppen erkennbar, die bis zur dritten Untersuchungsserie wieder zunahm. Allerdings war die Zunahme in der dann lärmbelasteten Gruppe signifikant geringer als in allen anderen Gruppen, d.h. hier zeigte sich eine Beeinträchtigung des Langzeitgedächtnisses in der fluglärmbelasteten Gruppe.

Bei der **Sprachwahrnehmung** und dem **Textverstehen** konnten wegen eines Gerätefehlers nur die Daten der ersten und der dritten Untersuchungsserie ausgewertet werden. In der Belastungsgruppe des alten Flughafens und in beiden Kontrollgruppen verbesserte sich die Sprachwahrnehmung über die Zeit, in der neuen Belastungsgruppe hingegen war keine Verbesserung nachweisbar, d.h. Fluglärm schien die altersabhängige Verbesserung der Sprachwahrnehmung zu „blockieren“.

Die Autoren stellten fest: Lesefähigkeit und das Langzeitgedächtnis war in der neu lärmexponierten Gruppe beeinträchtigt; beides verbesserte sich in der früher lärmexponierten Gruppe am alten Flughafen, nachdem dort kein Fluglärm mehr vorhanden war. In der früher fluglärmexponierten Gruppe verbesserte sich auch das Kurzzeitgedächtnis. Bei den neu durch Fluglärm belasteten Kindern war die Sprachwahrnehmung beeinträchtigt. Weitere Analysen weisen darauf hin, dass die beeinträchtigte Lesefähigkeit unabhängig war von der Sprachwahrnehmung und dass die Beeinträchtigung des Gedächtnisses z.T. durch die schlechtere Leseleitung bedingt war.

Jarup L, Babisch W, Houthuijs D, Pershagen G, Katsouyanni K, Cadum E, Dudley ML, Savigny P, Seiffert I, Swart W, Breugelmans O, Bluhm O, Selander J, Haralabidis A, Dimakopoulou K, Soutzi P, Velonakis M, Vigna-Tagliani F on behalf of the HYENA study team: Hypertension and Exposure to Noise Near Airports: the HYENA study. *Environmental Health Perspectives* (2008) 116: 329-333.

Fragestellung: Fluglärm (und Straßenverkehrslärm) im Umfeld von Flughäfen und Bluthochdruck

Methoden: Multizenterstudie (England, Deutschland, Griechenland, Italien, Schweden, Spanien); Fragebogen sowie differenzierte Blutdruckmessungen (in der Wohnung der Probanden, in Ruhe 3x), Teilnehmer (Ziel): 6000 Erwachsene (45-70 J), die mindestens 5 Jahre im Umfeld des jeweiligen Flughafens wohnten; Untergruppe 24h-Blutdruckmessungen, weitere Untergruppe n=500: Kortisolmessungen im Speichel (3x); Standardisierter Fragebogen mit Fragen zur Belästigung auch gegenüber anderen Lärmquellen (Straße, Arbeit) und Einflussfaktoren wie Ernährungs- und Rauchgewohnheiten, Lebensstil und Arbeitslärmbelastung.

Expositionsabschätzung: Fluglärmkonturen für die verschiedenen Flughäfen vorhanden; für jede Adresse Flug- und Straßenverkehrslärm modelliert (Stand 2002); modifizierende Faktoren PM10, NO₂; Zielgröße Bluthochdruck ($\geq 140/90$ mm Hg).

Ergebnisse: Insgesamt 4861 Teilnehmer (2404 Männer, 2457 Frauen); Responseraten zwischen 30 % in Deutschland, Italien und England, 56 % in Griechenland und 78 % in Schweden. Teilnahmeraten unterschieden sich nicht sign. im Hinblick auf die unterschiedlichen Fluglärmbelastungsklassen.

Die Bluthochdruckrate war – nach Korrektur für Alter und Geschlecht, d.h. EU-Standardbevölkerung:

England	48,8 %
Deutschland	54,6 %
Niederlande	51,9 %
Schweden	52,0 %
Griechenland	57,0 %
Italien	52,1 %

Assoziation zwischen Fluglärmbelastung und Bluthochdruck mit leichter Erhöhung bei Fluglärmbelastung am Tag und starker Erhöhung bei nächtlicher Fluglärmbelastung (Tab. 51), bezogen auf 10 dB(A)-Inkrementen waren insbesondere der nächtliche Fluglärm signifikant assoziiert, der Fluglärm am Tage war negativ mit Bluthochdruck assoziiert (nicht signifikant); bei Fluglärmeffekten kein Unterschied zwischen Männern und Frauen – keine eindeutige Dosis-Wirkungsbeziehung; höchste Rate an Bluthochdruck bei 50-54 dB(A) tags und 40-44 dB(A) nachts, niedrigere Hypertonieraten bei höheren Belastungsgruppen.

Es wurden deutlich höhere Effekte bei Straßenverkehrslärm als bei Fluglärm am Tage gefunden, insbesondere bei Männern, nicht bei Frauen (Abb. 34).

Tab. 51 Flug- und Straßenverkehrslärmstudie HYENA – Erwachsene - Zusammenhang zwischen Bluthochdruck und Fluglärm am Tag und in der Nacht sowie Straßenlärm (Jarup et al. 2008)

Variable	OR	OR CI	p-Wert
LAeq 16hr, Fluglärm	0,928	0,829-1,038	0,190
L nacht, Fluglärm	1,141	1,012-1,286	0,031
LAeq, 24 h, Straße	1,097	1,003-1,201	0,044

Kontrolliert für Land, Alter, Geschlecht, BMI, Alkoholzufuhr, Bildung und körperliche Aktivität

Diskussion und Schlussfolgerung der Autoren: Außer Bromma in Schweden und Tegel in Berlin haben alle Flughäfen Nachtflugbetrieb; nach der EU-Definition fand allerdings an ausnahmslos allen Flughäfen in der Nacht Flugbetrieb statt, insbesondere in den Tagesrandzeiten. Es wurden höhere Risiken für Nacht- als für Tagesfluglärm gefunden. Dies könnte auch an der geringeren Fehlklassifikation in der Nacht liegen, da die Menschen sich dann eher zu Hause aufhalten als tagsüber. Die größeren Zusammenhänge könnten aber auch physiologische Effekte der nächtlichen Lärmbelastung widerspiegeln. Bei Rentnern (mehr zu Hause) wurden signifikant größere Auswirkungen des Straßenverkehrslärms gefunden, demgegenüber wiesen Rentner keine stärkeren Wirkungen des Fluglärms auf den Bluthochdruck auf. – Als mögliche Schwäche der Studie wird die teilweise sehr niedrige Responserate genannt, allerdings hat die Nichtresponderanalyse keinen Unterschied im Hinblick auf die Fluglärmbelastung ergeben. „Zusammenfassend fand die HYENA Studie signifikante Effekte des Nachtfluglärms auf den Blutdruck und bei Männern auch des Straßenverkehrslärms am Tage. Bluthochdruck ist ein wichtiger unabhängiger Risikofaktor für Herzinfarkt und Schlaganfall und das höhere Hypertonierisiko bei Flug- und Straßenverkehrslärm, das in unserer Studie gezeigt werden konnte, kann zu Herz-Kreislauf-Erkrankungen führen. Unsere Ergebnisse zeigen (indicate), dass Präventivmaßnahmen in Erwägung gezogen werden sollen (should be considered), um Straßenverkehrslärm und nächtlichen Fluglärm zu vermindern“.

Abb. 33 HYENA-Studie – Erwachsene - Fluglärmbelastung am Tag (A) und in der Nacht (B) und Bluthochdruck bei Erwachsenen (Jarup et al. 2008)

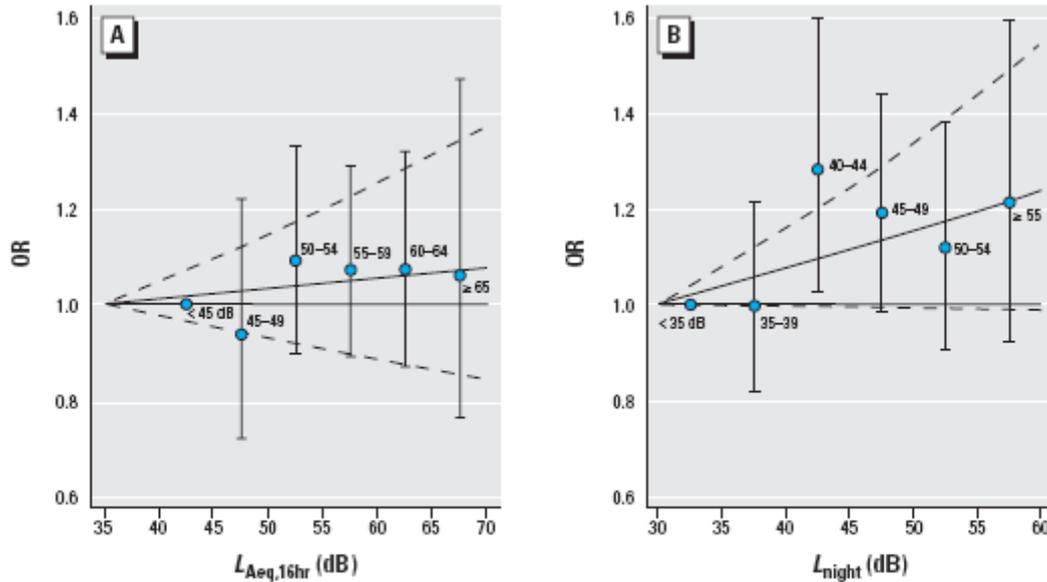


Figure 1. ORs of hypertension in relation to aircraft noise (5-dB categories). $L_{Aeq,16hr}$ (A) and L_{night} (B) separately included in the model. Adjusted for country, age, sex, BMI, alcohol intake, education, and exercise. The error bars denote 95% CIs for the categorical (5-dB) analysis. The unbroken and broken curves show the ORs and corresponding 95% CIs for the continuous analysis.

Abb. 34 HYENA-Studie – Erwachsene - Straßenverkehrslärm und Bluthochdruck bei Frauen (A) und Männern (B) (Jarup et al. 2008)

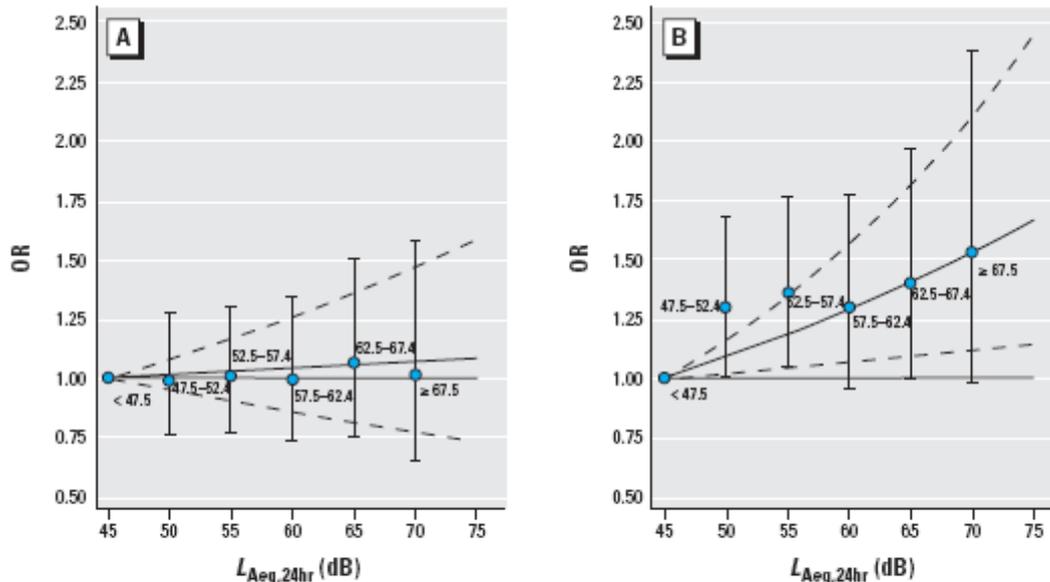


Figure 2. ORs of hypertension in women (A) and men (B) in relation to road traffic noise ($L_{Aeq,24hr}$, 5-dB categories) separately included in the model. Adjusted for country, age, BMI, alcohol intake, education, and exercise. The error bars denote 95% CIs for the categorical (5-dB) analysis. The unbroken and broken curves show the ORs and corresponding 95% CIs for the continuous analysis.

Abb. 35 HYENA-Studie –Bluthochdruck und Fluglärm in der Nacht (A) und am Tage (B) sowie Straßenverkehrslärm Tag und Nacht (Jarup et al. 2008)

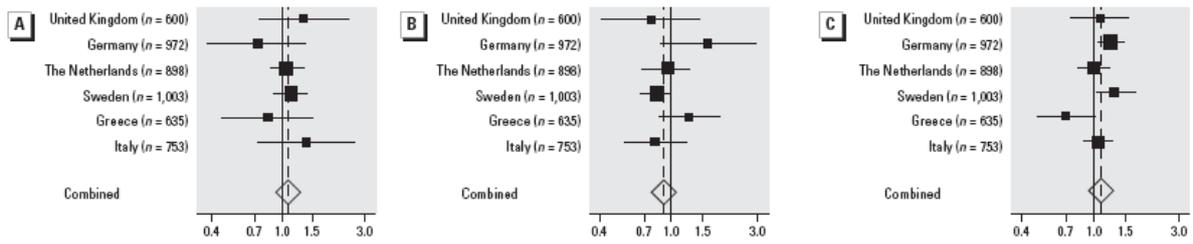


Figure 3. Forest plot showing country-specific ORs for hypertension per 10-dB increase in noise exposure, in relation to (A) L_{night} and (B) $L_{Aeq,16hr}$ aircraft noise and (C) $L_{Aeq,24hr}$ road traffic noise.

van Kempen E, van Kamp I, Fischer P, Davies H, Houthuijs D, Stellato R, Clark C, Stansfeld S. Noise exposure and children's blood pressure and heart rate: the RANCH project. Occup Environ Med (2006) 63: 632-9. Epub 2006 May 25

Fragestellung: Fluglärm- und Straßenlärmbelastung und Blutdruckwerte sowie Stresshormone bei Kindern

Im Zusammenhang mit der RANCH-Studie (s. Stansfeld et al. 2005; S. 197 dieser Bericht) wurden in England und Holland weitere Untersuchungen zu Auswirkungen der Lärmbelastung durch Flug- und Straßenlärm auf die Gesundheit der Kinder durchgeführt und publiziert. Untersucht wurden hier 1283 Kinder im Alter von 9-11 Jahren, die 62 Grundschulen im Umfeld von London Heathrow und Amsterdam Schiphol besuchten. In die Analysen wurden nur die Kinder einbezogen, die ihre jetzige Schule seit mindestens einem Jahr besuchten.

Die mittlere Lärmbelastung an den Schulen und Wohnungen der Londoner Kinder lag über den Mittelwerten der Lärmbelastung der Amsterdamer Kinder: Dies betraf nicht nur die Fluglärmbelastung sondern – sofern untersucht – auch die Straßenlärmbelastung. Auch die mittleren Blutdruckwerte, die Pulsrate, der Gewichtsstatus der Kinder aus Holland lagen etwas niedriger als der Kinder aus London.

Die Auswertung der Ergebnisse zu Blutdruck- und Herzfrequenz der Kinder, die mindestens ein Jahr in ihrer jetzigen Wohnung wohnten (n= 853 Kinder), ist in der Tab. 52 zusammengefasst.

Während in Holland Fluglärm an der Schule und Fluglärm an der Wohnung – tagsüber und nachts – signifikant mit höheren Blutdruckwerten der Kinder assoziiert war, konnte dieser Effekt im Umfeld des Londoner Flughafens nicht festgestellt werden. Deswegen war in der Gesamtauswertung der gepoolten Daten nur noch ein geringer Effekt von Fluglärm an der Wohnung auf den systolischen Blutdruck der Kinder feststellbar, während der Fluglärm an der Schule nicht mehr mit einer signifikanten Auswirkung auf den Blutdruck der Kinder assoziiert war.

Beim Straßenlärm ergaben sich in Holland abnehmende Werte bei zunehmender Belastung sowohl an der Schule als auch an der Wohnung (Straßenlärm tagsüber); der Zusammenhang zwischen Straßenlärm und abnehmendem systolischen Blutdruck erreichte sogar Signifikanzniveau. In England hingegen konnten auch hier keine Zusammenhänge festgestellt werden.

Die Autoren diskutierten folgende Aspekte im Hinblick auf die gefundenen Unterschiede zwischen London und Amsterdam: unterschiedliche Flugmuster, unterschiedliche Schulen mit unterschiedlicher Verglasung der Fenster, mögliche Unterschiede in der Haltung und Einstellung der Lehrer zur Lärmbelastung, unterschiedliche Ethnien der Kinder, unterschiedliche Lebensweisen mit unterschiedlicher Ernährung und Salzzufuhr, unterschiedliche körperliche Aktivitäten bei den Kindern unterschiedlicher Länder. Alle diese möglichen Einflussfaktoren wurden jedoch nicht detailliert erhoben, sodaß hier keine endgültigen Antworten gegeben werden können.

Tab. 52 RANCH-Studie Flug- und Straßenverkehrslärm – Kinder – Untersuchungsteilnehmer, Verkehrslärmbelastung, Blutdruckwerte und Zusammenhanganalysen (van Kempen et al. 2006)

			alle		England		Holland	
Kinder (Anzahl)			853		351		502	
Fluglärm			Mittelwert		Mittelwert		Mittelwert	
Fluglärm Schule	7-23 h	dB(A)	58		60		54	
Fluglärm Wohnung	7-23 h	dB(A)	51		53,4		49,3	
Fluglärm Wohnung	23-7 h	dB(A)	40,9		43,2		39,2	
Kinder – Daten								
Alter		Jahre	10,4		10,3		10,5	
Gewichtstatus		(kg/m ²)	12,61		13,25		12,17	
syst. RR		mmHg	106,8		108,9		105,4	
diast. RR mmHg		mmHg	66,2		67,1		65,6	
Pulsrate		x/min	83,9		89,4		80,1	
Assoziations-Untersuchungen								
Fluglärm			β	p-Wert	β	p-Wert	β	p-Wert
Schule	7-23 h	RR syst	0,08	0,1	0,02	0,77	0,17	0,02
		RRdiast	0,05	0,22	0,01	0,83	0,2	0
		Pulsrate	0,05	0,33	0,01	0,86	0,08	0,45
Wohnung	7-23 h	RR syst	0,1	0,04	0,03	0,57	0,17	0,03
		RRdiast	0,08	0,05	0,04	0,43	0,19	0
		Pulsrate	0,02	0,61	0	0,95	0,06	0,51
Wohnung	23-7 h	RR syst	0,09	0,03	-0,01	0,97	0,19	0
		RRdiast	0,07	0,08	0,04	0,35	0,13	0,02
		Pulsrate	0,03	0,5	0,01	0,84	0,04	0,55
Straßenlärm								
Schule	7-23 h	RR syst	-0,11	0,03	-0,09	0,22	-0,14	0,02
		RRdiast	-0,04	0,4	0,02	0,76	-0,09	0,09
		Pulsrate	-0,02	0,62	-0,11	0,22	0,02	0,8
Wohnung	7-23 h	RR syst			n.a.		-0,09	0,16
		RRdiast			n.a.		-0,07	0,17
		Pulsrate			n.a.		0,06	0,39

Fettdruck: signifikante Assoziationen

Die Autoren kamen zu folgenden Schlussfolgerungen (van Kempen et al., 2006):

- Der Zusammenhang zwischen Fluglärm und Blutdruck der Kinder war nicht ganz konsistent: während in der holländischen Gruppe ein signifikanter Einfluss gefunden wurde, war dies bei der britischen Gruppe nicht der Fall. Diese Ergebnisse – im Zusammenhang mit früheren publizierten Studien aus München und London – legen nahe, dass keine eindeutigen Schlussfolgerungen über die Assoziation von Fluglärm und Blutdruck der Kinder gezogen werden können.

Auch die Auswirkungen des Straßenlärms auf den Blutdruck der Kinder, die eine Abnahme der Blutdruckwerte bei zunehmender Straßenlärmbelastung zeigten, sind nicht konsistent und lassen keine endgültige Bewertung zu.

Knipschild P. Medical effects of Aircraft Noise: Community Cardiovascular Survey. Int Archives of Occupational and Environmental Health (1977a) 40: 185-190.

Fragestellung: Fluglärm und Herz-Kreislauf-Erkrankungen

Methoden: Befragung (Fragebogen) und Untersuchung (Blutdruck, Röntgen Herz, EKG; Gewichtsstatus) von ca. 6000 Erwachsenen (Männer und Frauen, 35-64 J) Umfeld von Schiphol 1974

Exposition: 4 Dörfer > NNI37 (B40); 4 Dörfer NNI 20-37¹ in den letzten 6 Jahren

Methode:

1. Alter, Geschlecht, Wohnort
2. Angina pectoris (Standard-Fragebogen der WHO), Medikamente für Herzerkrankungen und Bluthochdruck, Einnahme von Herzmitteln, Rauchgewohnheiten
3. Bluthochdruck (systolisch > 175 und/oder diastolisch > 100 mm Hg), pathologische Herzform (Röntgenbild) und EKG (Herzspezialist), Größe, Gewicht – objektive Messungen

Ergebnisse:

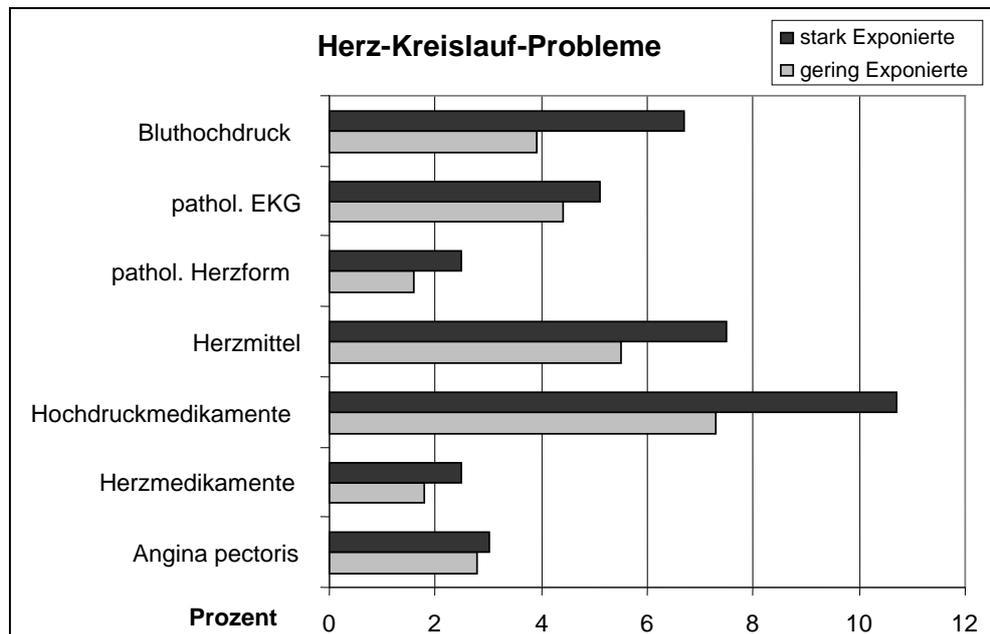
Response 42 %; Bewohner der fluglärm-belasteten Orte hatten im Vergleich mit den weniger fluglärm-belasteten Orten signifikant häufiger ärztliche Therapien für Herzerkrankungen und Bluthochdruck, nahmen signifikant häufiger Herzmittel ein, hatten signifikant häufiger eine pathologische Herzform und Bluthochdruck; die EKG-Werte unterschieden sich nicht (Tab. 53 und Abb. 36).

Tab. 53 Fluglärmstudie Amsterdam – Erwachsene – Herz-Kreislauf-Erkrankungen und -symptome (Knipschild 1977a)

	Nichtexponierte Geringexponierte	Exponierte	Signifikanz
Bewohner	3595	2233	
	%	%	
Angina pectoris	2,8	3,0	n.s.
Herz-Medikamente	1,8	2,5	P<0,05
Blutdruck-Medikamente	7,3	10,7	P<0,001
Herz-Kreislauf-Medikamente	5,5	7,5	P<0,001
Pathologische Herzform	1,6	2,5	P<0,05
Pathologische EKG	4,4	5,1	n.s.
Bluthochdruck	3,9	6,7	P<0,001

¹ $B=20\log\sum (n \cdot 10^{L/15}) - 157$, in which \sum = attribution to B of all airplanes in a year; n= nicht factor (day n=1; night n=10); L0 maximal dB(A) for each airplane. The relationship with the British NNI is $NNI \approx 4/5 B+5$.

Abb. 36 Fluglärmstudie Amsterdam – Erwachsene – Herz-Kreislauf-Erkrankungen und -symptome (Knipschild 1977a)



In der fluglärmbelasteten Region wohnten mehr Raucher und Übergewichtige – Hinweis auf niedrigeren sozialen Status. Die Berechnung nur für Nichtraucher (≤ 10 Zigaretten/Tag) und Normalgewichtige (Broca-Index < 1) ergab die gleichen Ergebnisse.

Schlussfolgerung der Autoren: In Gebieten mit hoher Fluglärmbelastung ($B > 40$) scheint die Prävalenz von Herz-Kreislauf-Erkrankungen höher zu sein. Es gibt starke Hinweise (strong suggestive evidence), dass Fluglärm ein ursächlicher Faktor für Herz-Kreislauf-Erkrankungen darstellt.

Knipschild P. Medical effects of Aircraft Noise: General Practice Survey. Int Archives of Occupational and Environmental Health (1977b) 40: 191-197

Methode: 19 Hausärzte in 3 Orten im Umfeld von Schiphol registrierten über eine Woche (normale Woche, kein besondere Fluglärmsituation) die Daten ihrer Patienten (Alter, Geschlecht, Wohnadresse, Besuchsgrund, Medikamenteneinnahme); die Orte unterschieden sich in ihrer Fluglärmbelastung. Insgesamt handelte es sich um die Arztkontakte aus einer Bevölkerung von 17500 nicht oder wenig und 12000 stark Fluglärmbelasteten.

Ergebnisse: Arztbesuche:

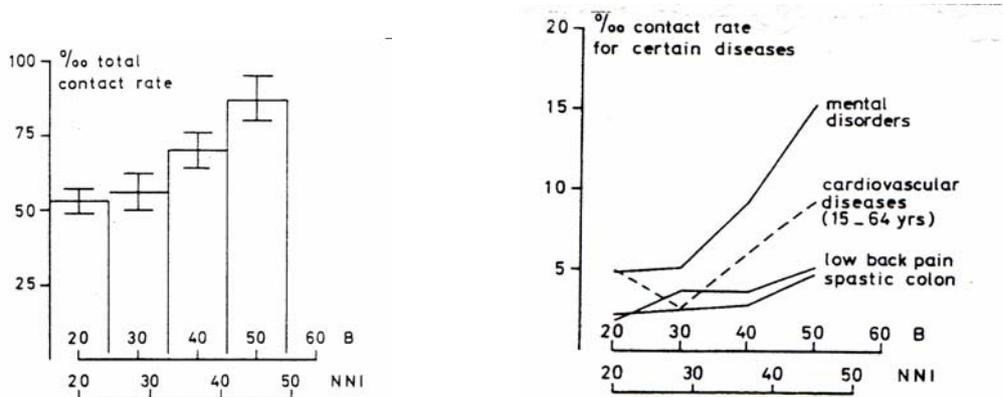
Es wurden höhere Arztbesuchsraten bei Menschen in der fluglärmbelasteten Zone im Vergleich zu weniger fluglärmbelasteten Zone gefunden (in der Gesamtgruppe, aber auch differenziert in unterschiedlichen Altersgruppen; diese Differenzierung war notwendig, da die exponierte Bevölkerung etwas älter war als die nichtexponierte; in der unten dargestellten Zusammenfassung wurde keine statistische Korrektur für das Alter vorgenommen):

- für psychische Erkrankungen –und zwar nicht nur für leichte, sondern auch für schwere und sehr schwere
- für Darmbeschwerden und Rückenschmerzen (die von den Ärzten als psychosomatisches Symptom gedeutet wurden)
- nicht: für Allergien, Tinnitus, Kopfschmerzen

Tab. 54 Fluglärmstudie Amsterdam – Erwachsene – Hausarztbesuche (Knipschild 1977b)

	Nichtexponierte	Exponierte	Signifikanz
Bewohner	17500	12000	
	‰	‰	
Arztkontakte insgesamt	53	78	P<0,001
Psychi(atri)sche Probleme	4,8	12,1	P<0,001
Herz-Kreislauf-Erkrankungen	4,9	8	n.s.
Magenbeschwerden	1,1	1,7	n.s.
Darmbeschwerden (spastic colon)	2,1	3,7	P<0,05
Rückenschmerzen	1,8	4,3	P<0,001
Allergien	1,1	1,3	n.s.
Tinnitus, Müdigkeit, Kopfschmerzen	2,1	2,8	n.s.

Abb. 37 Fluglärmstudie Amsterdam – Erwachsene – Gesamtrate der Kontakte mit niedergelassenen Allgemeinmedizinern in Abhängigkeit von der Fluglärmbelastung (links) – Arzt-Kontaktrate wegen verschiedener Erkrankungen und Beschwerden in Abhängigkeit von der Fluglärmbelastung (rechts) (Knipschild 1977b)



Ergebnisse Medikamenteneinnahme:

In den höher fluglärmbelasteten Gebieten wurden mehr Beruhigungsmittel und mehr Schlafmittel gefunden, ebenso dtl. Unterschiede bei Herzmedikamenten, keine Unterschiede für Medikamente gegen Magenbeschwerden, Schwindel und Kopfschmerzen.

Tab. 55 Fluglärmstudie Amsterdam – Erwachsene – Medikamenteneinnahme (Knipschild 1977b)

	Fluglärm	Medikamenteneinnahme %	Signifikanz
Beruhigungsmittel	B<20	10-11 %	Unterschiede in allen Alters- und Geschlechtsgruppen
	B>35	17-22 %	
Schlafmittel	B<20	9 %	
	B>35	12-14 %	
Magenmittel	alle	5 %	Kein Unterschied nach Belastung
Schwindel	Alle	3 %	Kein Unterschied nach Belastung
Kopfschmerzen	Alle	15 %	Kein Unterschied nach Belastung
Herzmedikamente und Hochdruckmedikamente		In belasteter Region sign. häufiger, besonders bei Frauen	

Diskussion: in den Niederlanden wird generell mit einer Patientenbesuchshäufigkeit von 5-6 % gerechnet; dies wurde auch in der weniger fluglärmbelasteten Region so gefunden, während in der höher fluglärmbelasteten Region die Besuchshäufigkeiten höher waren 7 % (bei B 35-45) bis 9 % (bei B 45-55). – Alter und Geschlecht wurde berücksichtigt, die Autoren bedauern, dass sie den sozioökonomischen Status nicht berücksichtigen konnten.

Schlussfolgerung der Autoren: Die Daten der Allgemeinmediziner weisen deutlich darauf hin (indicated strongly), daß Fluglärm die Häufigkeit für Arztbesuch wegen psychologischer und einiger psychosomatischer Beschwerden erhöht.

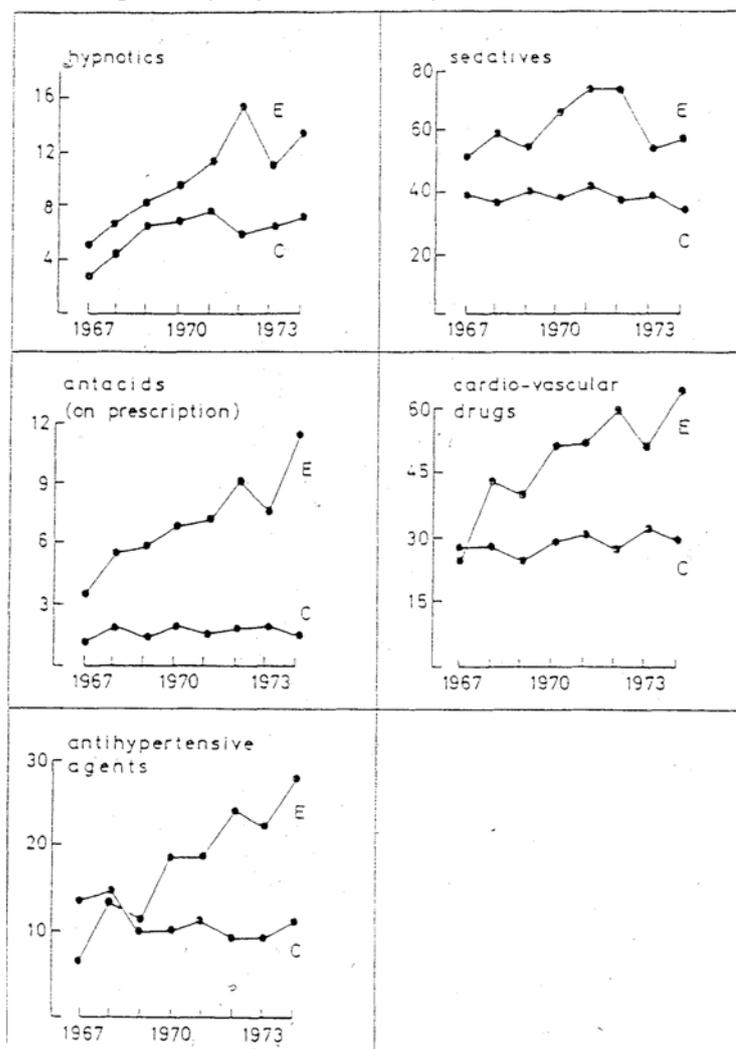
Knipschild P. Medical effects of Aircraft Noise: Drug Survey Int Archives of Occupational and Environmental Health (1977c) 40: 197-200

Fragestellung: Fluglärm und Medikamenteneinnahme – geschätzt an hand der Verkaufsdaten der Apotheken

Methode: Medikamentenverkauf von Apotheken wurde betrachtet – verfügbar seit 1967 – von 1967-1974. Innerhalb einer Medikamentengruppe wurde der Gesamtverkauf in einem Jahr durch die Anzahl der Bevölkerung über 15 Jahre in dem Bereich geteilt (Arzneimittelindex). Da die Bevölkerung im fluglärmbelasteten Gebiet etwas älter war als die im weniger belasteten Gebiet, sind die Autoren vorsichtig, die Gebiete im Quervergleich zu betrachten, sondern legen besonderen Wert auf den zeitlichen Trend.

Exposition: es wurden zwei Regionen betrachtet: Region C mit Lärmbelastung konstant unter B= 20; Region E hatte zunächst 1967-1968 keinen Fluglärm, von 1969-1972 besonders starken Fluglärm tags und auch nachts, ab 1973 wurden die Nachtflüge zwischen 23:30 und 6 Uhr begrenzt.

Abb. 38 Fluglärmstudie Amsterdam – Fluglärmbelastung und Medikamentenverkauf in Apotheken Region E (Knipschild 1977c)



Ergebnisse: Im Kontrollgebiet keine Veränderung des Arzneimittelverkaufs seit 1969-1974. Im Belastungsgebiet deutlicher Anstieg des Verkaufs von Beruhigungs- und Schlafmitteln von 1969 bis 1972, danach wieder Abfall. Magenmedikamente (Antazida) und Herzmittel (insbesondere Mittel gegen Bluthochdruck) Anstieg ab 1969 (bzw. bereits ab 1967).

Nach Ansicht der Autoren kann der Arzneimittelverkauf als Indikator für die Arzneimittelverschreibung und damit als Indikator für diagnostizierte Gesundheitsstörungen in einer Bevölkerung angesehen werden. Aus dem höheren Verbrauch an Schlafmitteln (Hypnotika) in der fluglärmbelasteten Region schließen sie auf eine gesundheitsschädigende Wirkung des Fluglärms. Sie sehen diese Annahme gestützt durch den geringeren Verkauf an Schlafmitteln, nachdem der Nachtfluglärm reduziert worden war. Aus der analogen Situation bei Sedativa schließen sie, dass Fluglärm ein ursachlicher Faktor für psychische Störungen sein kann, besonders wenn Menschen an Schlafstörungen leiden.

Schlussfolgerung der Autoren: Fluglärm kann Schlafstörungen und psychische Störungen verursachen, insbesondere starker Nachtfluglärm. Darüber hinaus kann Fluglärm eine Ursache für Magenbeschwerden und Bluthochdruck sein.

Babisch zu Knipschild:

Bluthochdruck: Die bekannte cross-sectional Studie aus den 1970er Jahren in Amsterdam (Response-rate 42%) zeigte relative Risiken von 1,5 (im klinischen Interview) und 1,7 (Blutdruckmessung) für Fluglärmexponierte (> 40 KE, Kosten Units) im Vergleich mit geringer Exponierten. Die Daten wurden nur dichotom (Exponierte vs. Nichtexponierte) untersucht, da bedingt durch die Auswahl der Ortschaften eine Klusterbildung vorhanden war. Die Reanalyse mittels logistischer Regression zeigte eine Zunahme des relativen Risikos für Bluthochdruck von 1,26 (1,14-1,39) pro 5 dB(A) Zunahme, in einem Bereich von L Aeq 7-19 Uhr = 55-72 dB(A).

Herzerkrankungen: Die Studien im Umfeld des Amsterdamer Flughafens aus den 1970er Jahren (Response 42%) zeigten signifikant erhöhte Raten an Herz-Kreislauf-Erkrankungen; Prävalenzraten von 1 bis 1,9 wurden errechnet, je nachdem welcher Endpunkt betrachtet wurde. Die Exponierten lebten in Gebieten mit etwa 60 dB(A) Außenlärmbelastung. – Der Hausarzturvey kann als ökologische Studie angesehen werden, in welcher die Hausarztkontakte wegen ausgewählter Probleme erfasst wurden, wobei wiederholte Arztbesuche nicht ausgeschlossen waren. Es wurden aggregierte Daten der Bevölkerung, nicht der einzelnen Individuen analysiert. Die Studie zeigt Ergebnisse zu Herz-Kreislauf-Erkrankungen als Kombination von Bluthochdruck und ischämischer Herzerkrankung.

In der großen Studie zu Herz Kreislauf-Erkrankungen mit Anamnese und körperlicher Untersuchung hatten die Exponierten häufiger angegeben Herzmedikamente einzunehmen als die Nichtexponierten (RR 1,4). – Die Ergebnisse des „Medikamenten-Surveys“, in welchem die jährlichen Verkaufsdaten der Apotheken für Herz-Kreislauf-Medikamente (wiederholter cross-sectional survey) analysiert wurden, unterstützten die o.g. Befunde. In der fluglärmbelasteten Gegend wurden mehr Herz-Kreislauf-Medikamente verkauft, ebenso wie Schlaf- und Beruhigungsmittel sowie Antazida, als in der weniger belasteten Region. Darüber hinaus konnte nach Reduzierung des Nachtfluglärms eine Abnahme der verkauften Medikamente gesehen werden.

Knipschild P, Meijer H, Salle H. Aircraft noise and birth weight. Int Archives of Occupational and Environmental Health (1981) 48: 131-136.

Fragestellung: Fluglärm und Geburtsgewicht

Methode: Daten von Kindern, die zwischen 1973 und 1976 in 6 Orten im Umfeld des Amsterdamer Flughafens geboren wurden. Einschlusskriterien: Besucher der Gesundheitsberatung (welfare center), Mütter im Alter von 20-34 J, nur Ein-Kind-Geburten, keine Mehrlingsgeburten, nur Krankenhausgeburten (da nur dort geeichte Waagen zur Bestimmung des Geburtsgewichts); registriert wurde neben den genannten Angaben auch das Geschlecht des Kindes und das Familieneinkommen (keine Angaben zum Rauchen). Eingeschlossen wurden nur Kinder, bei denen alle diese Angaben vollständig vorlagen. Ein Drittel der insgesamt 3004 in dem Zeitraum geborenen Kinder erfüllte die Kriterien und wurde in die Auswertung einbezogen (n= 902).

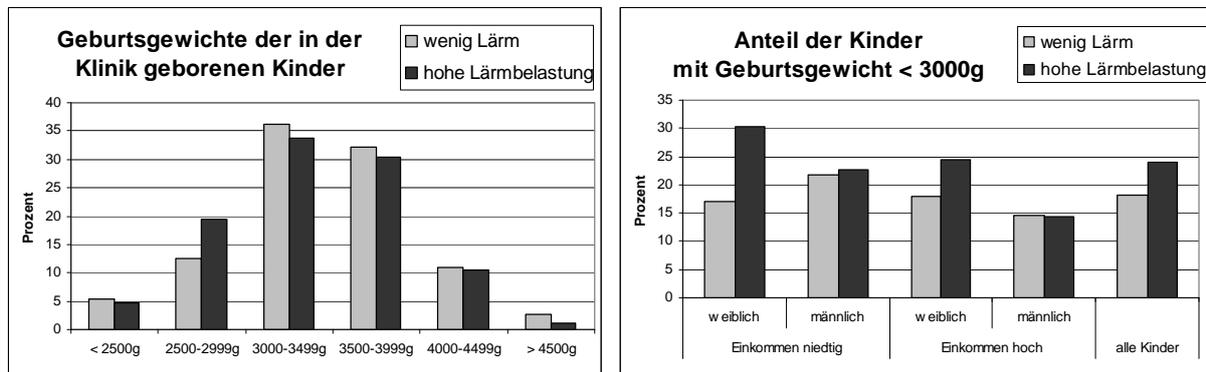
Expositionsabschätzung: Wohnadresse in Kombination mit Fluglärmkarten; als „stark fluglärmbelastet“ eingestuft, falls Ldn=65-75 dB(A); falls 60-65 dB(A) „niedrig belastet“.

Ergebnisse: Kinder mit Fluglärmbelastung > 65 dB(A) hatten etwas häufiger ein Geburtsgewicht unter 3000g als solche mit geringerer Fluglärmbelastung (60-65 dB(A)), 24,1 % vs. 18,0% (Tab. 56 und Abb. 39). Als wesentliche weitere Einflussfaktoren auf das Geburtsgewicht wurden das Einkommen und das Geschlecht erkannt; Mädchen und Kinder aus Familien mit niedrigem Einkommen hatten häufiger ein Geburtsgewicht unter 3000 g). Es zeigt sich ein Einfluss der Fluglärmbelastung bei Mädchen, nicht bei Jungen.

Tab. 56 Fluglärmstudie Amsterdam – Kinder – Verteilung der Geburtsgewichte nach Fluglärmbelastung an der Wohnung (Knipschild et al. 1981)

Geburtsgewicht	wenig Lärm	hohe Lärmbelastung
n Kinder	404	498
	%	%
< 2500g	5,4	4,6
2500-2999g	12,6	19,5
3000-3499g	36,1	33,7
3500-3999g	32,2	30,3
4000-4499g	10,9	10,6
> 4500g	2,7	1,2

Abb. 39 Fluglärmstudie Amsterdam – Kinder – Verteilung der Geburtsgewichte nach Fluglärmbelastung (Knipschild et al. 1981)



Nach Adjustierung der Einflussfaktoren Geschlecht und Einkommen hatten insgesamt 18,1 % der Neugeborenen aus wenig fluglärmbelasteten Gebieten und 23,8 % der Kinder aus fluglärmbelasteten Gebieten ein Geburtsgewicht unter 3000 g. Unterteilt man die fluglärmbelasteten Kinder in solche mit Fluglärmbelastung Ldn 65-70 dB(A) und > 70 dB(A), so lagen die jeweiligen Anteile bei 23 % und 29%, d.h. es war eine „Dosis-Wirkungs-Beziehung“ erkennbar.

Schlussfolgerung der Autoren: Die Autoren stellen – nach Adjustierung für Familieneinkommen und Geschlecht - Assoziationen zwischen Geburtsgewicht und Fluglärmbelastung mit Hinweisen auf eine Dosis-Wirkungs-Beziehung fest. Bei Betrachtung weiterer möglicher bias (niedrige Teilnehmerate wegen strenger Einschlusskriterien; keine Angaben zum Rauchen etc.) schließen sie eine wesentliche Beeinflussung aus. Als mögliche Mechanismen diskutieren sie eine geringere Durchblutung der Plazenta oder einen höheren Blutdruck der Mutter und damit eine schlechtere Versorgung des Kindes im Mutterleib mit Sauerstoff und Nährstoffen, möglicherweise auch eine kürzere Schwangerschaftsdauer durch Fluglärmbelastung der Mutter. Sie können den Unterschied zwischen Jungen und Mädchen nicht erklären und stellen insgesamt fest: Dieser Befund (Mädchen/Jungen) und die genannten methodischen Schwächen lassen nur vorläufige Schlussfolgerungen zu. Weitere Untersuchungen sind erforderlich.

Maschke C, Wolf U, Leitmann T: Epidemiologische Untersuchungen zum Einfluß von Lärmstress auf das Immunsystem und die Entstehung von Arteriosklerose. WaBoLu-Heft 01/03, Umweltbundesamt Berlin, 2003

Spandauer Gesundheitssurvey Der Spandauer Gesundheitssurvey ist eine seit 1982 durchgeführte Längsschnittuntersuchung. Die Teilnehmer waren aufgrund von Aufrufen gewonnen worden, deshalb nicht repräsentativ, sondern eher gesundheitsbewusste Menschen, Mittel 60 J (18-90 J).

Methode: Längsschnittuntersuchung; Altersmittel 60 J (18-90 J); Befragung nach ärztlich behandelten Erkrankungen sowie nach Lärmbelästigung (Straße, Flug, Bahn, Gewerbe) und Untersuchung (Blutdruck, Gewichtsstatus und verschiedene Blut- und Urinuntersuchungen).

Lärmexpositionserfassung: StraßenverkehrslärmAtlas und Fluglärmschutzzonen.

Beim 9. Durchgang der Längsschnittuntersuchung mit 2015 Probanden wurde bei allen Teilnehmern der Straßenlärmpegel an der Wohnung anhand von Lärmkarten der Stadt erfasst, darüber hinaus wurde die Fluglärmbelastung anhand von (älteren) Fluglärmschutzzonen ermittelt. In diesem Durchgang wurden alle Teilnehmer zusätzlich nach Belästigung durch Straßen-, Flug-, Bahn- und Nachbarschaftslärm gefragt; wie bei den vorherigen Durchgängen auch wurde eine körperliche Untersuchung mit Blutdruckmessung, Gewichtsstatus, versch. Blut- und Urinuntersuchungen vorgenommen. 85 % der Teilnehmer hatten länger als 10 Jahre in derselben Wohnung gelebt, Straßenlärm hat sich seit 1993 nicht wesentlich verändert. In der Auswertung wurden 12 Kontrollvariablen berücksichtigt: Alter, Geschlecht, BMI, Sozioökonomischer Index, Bewegung im Beruf, sportliche Aktivität, Lärmempfindlichkeit, Hörfähigkeit, Jahreszeit der Untersuchung.

Die Auswertung im Hinblick auf Fluglärm geschah auf der Grundlage der Fluglärmschutzzonen nach Fluglärmschutzgesetz, d.h. Schutzzone 1: $Leq(4) \geq 75$ dB(A); Schutzzone 2: $Leq(4) \geq 67$ - < 75 dB(A); Schutzzone 3: $Leq(4) \geq 62$ - < 67 dB(A). Aus der Arbeitsstichprobe Lärm n=1718 mit vollständigen Angaben aus dem Lärmfragebogen wohnten 1278 außerhalb der Schutzzonen, 382 Teilnehmer in Schutzzone 3 und 31 Teilnehmer in Schutzzone 2. 326 Teilnehmer fühlten sich durch Fluglärm am Tage und 129 durch Fluglärm in der Nacht gestört (mittelmäßig, ziemlich, sehr).

Es wurde nach ärztlich behandelten Herz-Kreislauf-Erkrankungen (Bluthochdruck, Angina pectoris und Myokardinfarkt etc) gefragt, entweder in den letzten zwei Jahren (Periodenprävalenz) oder während des bisherigen Lebens (Lebenszeitprävalenz). Dabei ergaben sich weder statistisch signifikante Zusammenhänge zur Fluglärmbelastung (s.o.) noch zur subjektiven Belästigung durch Fluglärm am Tag oder in der Nacht. Demgegenüber wurden teilweise signifikante Wirkungen des Straßenverkehrslärms gefunden.

Zusammenfassend stellten die Autoren fest: „Es ergaben sich statistische Zusammenhänge zwischen der nächtlichen Verkehrgeräuschbelastung am Wohnort der Probanden (22-6 Uhr) und Beeinträchtigungen des Herz-Kreislauf-Systems (Behandlung aufgrund von Hypertonie), des Immunsystems (Behandlung von Asthma) und des Stoffwechsels (Behandlung aufgrund erhöhter Blutfette). Im Gegensatz zum nächtlichen Verkehrslärmpegel wies der äquivalente Dauerschallpegel am Tage (6-22 Uhr) einen deutlich geringeren Zusammenhang mit der Prävalenz ärztlicher Behandlungen der genannten Krankheiten auf (Ausnahme Bronchitis). Bei der Prävalenz ärztlicher Behandlungen von psychischen Störungen zeigte sich dagegen ein starker Zusammenhang mit der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm am Tage“.

Babisch zu diesen Ergebnissen: In der Straßenverkehrslärmstudie (Spandauer Gesundheitssurvey, Response 80%) wurde auch Fluglärm untersucht. Die Expositionszuordnung erfolgte anhand alter Fluglärmkarten, d.h. eine gewisse Fehlklassifizierung muss angenommen werden. Es wurde ein stetig zunehmendes Hypertonie-Risiko bei zunehmender Lärmbelastung gefunden. In der Zone mit höchster Lärmbelastung (nach Fluglärmgesetz mit $Leq\ 4 = 67-75\ dB(A)$) war das Risiko (die Periodenprävalenz während der letzten 2 Jahre) 1,5, nicht signifikant. Wegen der kleinen Zahl der so Belasteten waren die Konfidenzintervalle sehr groß. Es handelte sich um freiwillige Teilnehmer, deshalb sind Verzerrungen (Selektionsbias) möglich, da Teilnehmer ein besonderes Interesse an kostenlosen medizinischen Untersuchungen gehabt haben konnten. Das Risiko für eine ärztliche Diagnose von Angina pectoris (nach Selbstangabe der Teilnehmer) war bei $> 62\ dB(A)$ 1,6, nicht signifikant, das für Herzinfarkt war in der exponierten Gruppe geringer (RR 0,4).

Matsui et al.: A Report on the Aircraft Noise as a Public Health Problem in Okinawa. Revision 2000

Fragestellung: Fluglärm und allgemeine Gesundheit.

Fluglärmbelastung: wurde der Fluglärmkarte entnommen, mit WECPNL von 75 bis über 95 (in 5er Schritten. WECPNL (Weighted Equivalent Continuous Perceived Noise Level), ein Index, der aus dem durchschnittlichen maximalen Fluglärmpegel pro Tag (L_A) und der Anzahl der Lärmereignisse (N) berechnet wird: $WECPNL = L_A + 10 \log N - 27$). Im Umfeld des Flughafens Kadena treten WECPNL-Pegel bis > 95 auf, im Umfeld des Flughafens Futenma bis > 75. (dB(A) \approx WECPNL-15)

Methode: Befragung, Fragebogen des japanischen Gesundheitsministeriums mit 130 Fragen; Erhebung in 6 Ortschaften im Umfeld des Flughafens von Kadena und in 3 Orten im Umfeld des Flughafens Futenma im Jahre 1995/6. Fragebögen insgesamt verschickt an 8084 Personen über 15 Jahre, Rücklauf 6695, d.h. 82,8%, davon valide 6480 (80%). Die Antworten wurden in 12 Scores zusammengefasst (THI-Score, Todai Health Index) (Tab. 57). Für die Auswertung wurden diese 12 Skalen dichotomisiert, über oder unter der 90. bzw. 10. Perzentile der Kontrollgruppe. Es wurden partielle Regressionen sowie Odds Ratios berechnet.

Tab. 57 Fluglärmstudie Okinawa – Erwachsene – Fragebogenerhebung gesundheitliche Beschwerden, eingeteilt in 12 Skalen (Matsui 2000)

Skala	Abkürzung	Inhalt / Bedeutung
Allgemeine Beschwerden	VCOM	Müdigkeit und Schwere in den Beinen, Wunsch sich hinzulegen, Müdigkeit und Schwere im Kopf, Kopfschmerzen, Schmerzen oder Verspannung in den Schultern, Schmerzen an verschiedenen Körperstellen, erhitzt oder fiebrig
Atemwege	RESP	Husten, Schnupfen, laufende Nase, Schleim, Kratzen oder Schmerzen in der Kehle
Augen und Haut	EYSK	Empfindliche Haut, Jucken, Kratzen. Rötungen, Schwellungen; schmerzende oder juckende Augen, entzündete oder gerötete Augen
Mund und Anus	MOUT	Raue oder gereizte Zunge, Schwellung oder Entzündung im Mund, blutendes Zahnfleisch, blutende Hämorrhoiden, Verstopfung
Verdauung	DIGE	Magenprobleme, Magenschmerzen, Durchfall, Verdauungsstörungen
Reizbarkeit	IMPU	Leicht gereizt, verliert die Beherrschung, handelt, ohne Konsequenzen zu bedenken, aufgeregt sein
Lügenskala (lie scale)	LISC	Liebt es, andere Leute annehmen zu lassen, man sei eine bessere Person, soziale Erwünschtheit, Tendenz zur Duldung (acquiescence)
Geistige Instabilität	MENT	Macht sich über kleine Dinge große Sorgen, fühlt sich unwohl, wenn er bei der Arbeit von anderen beobachtet wird, nervös und wankelmütig, zittert leicht und fühlt sich schwach, sorgt sich wegen der Vergangenheit, kaltschweisig, manisch oder depressiv
Depression	DEPR	Hoffnungslos, einsam, unglücklich und deprimiert, wenig Vertrauen
Aggression	AGGR	Wird nie krank, nicht schüchtern, Übergewichtig, guter Kreislauf, trinkt viel, wenig kälteempfindlich
Nervosität	NERV	Nervös, empfindlich, sorgt sich um Dreck und Schmutz, besorgt über alles
Unregelmäßigkeit im Leben	LIFE	Geht spät ins Bett, steht nicht früh auf, hat Schwierigkeiten, morgens aufzuwachen, lässt oft das Frühstück aus, unregelmäßige Mahlzeiten, schlechter Appetit, wenig Energie

Ergebnisse: Im Umfeld des Flughafens Kadena wurde signifikante dosisabhängige Assoziationen zwischen Fluglärmbelastung und allgemeinen Beschwerden, Atemwegs- und Verdauungsbeschwerden, geistige Instabilität sowie Aggression und Nervosität gefunden (Tab. 58), im Umfeld des Flughafens Futenma signifikante Assoziationen zwischen Fluglärm und Augen- und Haut-Symptomen sowie Nervosität (Tab. 59).

Tab. 58 Fluglärmstudie Okinawa – Erwachsene - Fragebogenerhebung zur allgemeinen Gesundheit – signifikante partielle Regressionen im Umfeld des Flughafens Kadena (Matsui 2000)

Skala	Abkürzung	Fluglärm	Alter	Geschlecht	Alter * Geschlecht	Beruf
Allgemeine Beschwerden	VCOM	***	**			
Atemwege	RESP	***	*	***		
Augen und Haut	EYSK				***	
Mund und Anus	MOU		***		**	
Verdauung	DIGE	***	***	***	***	
Reizbarkeit	IMPU		**	***	*	
Lügenskala (lie scale)	LISC		***	**		
Geistige Instabilität	MENT	**		***	*	
Depression	DEPR		**		*	
Aggression	AGGR	*	**	***	**	***
Nervosität	NERV	***	***	**		
Unregelmäßigkeit im Leben	LIFE		***	*		***

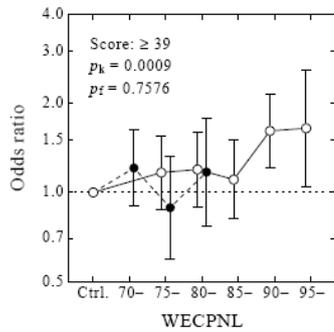
* p< 0,05; ** p<0,01; *** p<0,001

Tab. 59 Fluglärmstudie Okinawa – Erwachsene - Fragebogenerhebung zur allgemeinen Gesundheit – signifikante partielle Regressionen im Umfeld des Flughafens Futenma (Matsui 2000)

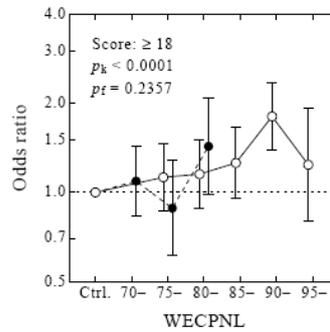
Skala	Abkürzung	Fluglärm	Alter	Geschlecht	Alter * Geschlecht	Beruf
Allgemeine Beschwerden	VCOM					
Atemwege	RESP		*	*		
Augen und Haut	EYSK	*	**	*		
Mund und Anus	MOU		**			
Verdauung	DIGE		***	**	*	*
Reizbarkeit	IMPU					
Lügenskala (lie scale)	LISC		***	*		
Geistige Instabilität	MENT			***		
Depression	DEPR					
Aggression	AGGR		**	***		
Nervosität	NERV	**	**			
Unregelmäßigkeit im Leben	LIFE		***			

* p< 0,05; ** p<0,01; *** p<0,001

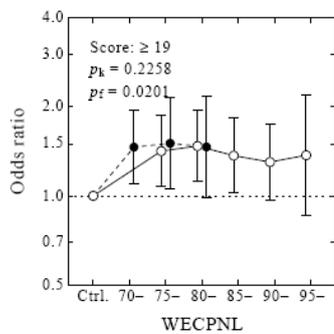
Abb. 40 Fluglärmstudie Okinawa – Erwachsene – Fragebogenerhebung zu allgemeiner Gesundheit – a allgemeine Beschwerden; b Atemwege; c Augen und Haut; d Verdauung; e geistige Labilität; f Aggression; g Nervosität (offene Zirkel: Kadena; geschlossene Futenma) (Matsui et al. 2000)



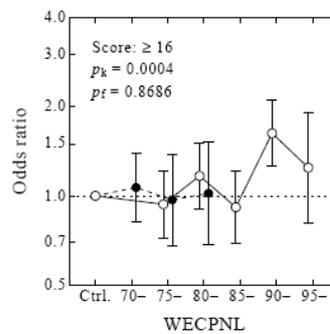
(a) Vague complaints (VCOM).



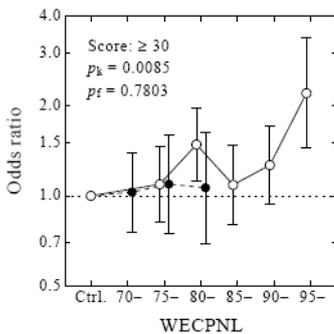
(b) Respiratory (RESP).



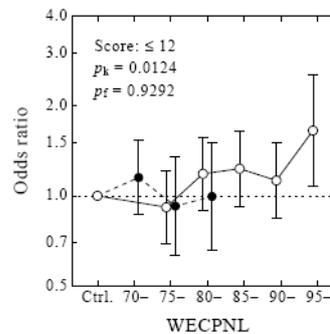
(c) Eye and skin (EYSK).



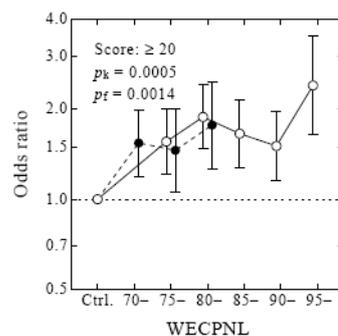
(d) Digestive (DIGE).



(e) Mental instability (MENT).



(f) Aggression (AGGR) (low score).



(g) Nervousness (NERV) (high score).

Bei Betrachtung der OddsRatios (Abb. 40) zeigten sich Tendenzen zu höheren Beschwerden bei höherer Fluglärmbelastung, allerdings waren die Zusammenhänge in der Regel nur im Umfeld des lautereren Flughafens Kadena bei hohen Lärmbelastungen signifikant, mit Ausnahme der Haut- und Augensymptome sowie der Nervosität, die im Umfeld beider Flughäfen bereits bei niedrigerer Lärmbelastung signifikant erhöht waren.

Schlussfolgerung der Autoren: Lärm als nicht spezifischer Stressor kann den Körper über das autonome Nervensystem und das neuroendokrine System beeinflussen; so kann angenommen werden, dass langdauernde und wiederholte Exposition gegenüber Fluglärm die Gesundheit und das Wohlbefinden von Flughafenanwohnern negativ beeinflusst. Es sollte auch bedacht werden, dass die gesundheitlichen Auswirkungen von Lärm möglicherweise gerade in bestimmten besonders empfindlichen Bevölkerungsgruppen auftreten und unter gleichen Bedingungen sehr unterschiedliche Symptome auftreten können.

Matsui et al: A Report on the Aircraft Noise as a Public Health Problem in Okinawa. Revision 2000

Fragestellung: Effekte auf Kinder –Verhaltensprobleme (misbehaviour) und verschiedene Erkrankungen im Umfeld der US-Militärflughäfen Kadena und Futenma in Okinawa

Expositionsabschätzung: Untenstehende Bilder zeigen, dass im Umfeld dieser Militärflughäfen die Wohnbebauung teilweise bis unmittelbar an den Flughafen reicht. Die Fluglärmbelastung lag Ende der 1960er und Anfang der 1970er Jahre bei 80-85 dB(A) LAeq 24 h.

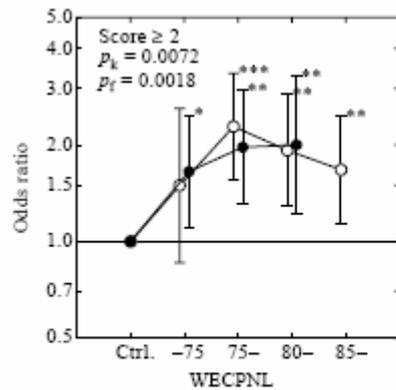


Fragebogenerhebung: In 75 Kindergärten im Umfeld der Flughäfen mit Fluglärmpegeln > 75 WECPNL (dB(A) = ca. WECPNL -15) wurden in den Sommermonaten von Juni bis September 1996 eine Befragung des Gesundheitszustands von 3-6 jährigen Kindern durchgeführt mittels Elternfragebogen; ausgewertet wurden 1580 Fragebögen von fluglärmbelasteten Kindern und 308 Kontrollkindern. Aus den Ergebnissen der umfangreichen Fragebogen-Daten wurden mittels Clusteranalyse 5 Cluster gebildet: Erkältungssymptome, Kopf- und Bauchschmerzen, Essprobleme, Passivität, emotionale Labilität. Die gebildeten Cluster wiesen nach Angaben der Autoren lineare Assoziation zwischen der Fluglärmbelastung und den logarithmierten Odds-Ratios auf (Abb. 41).

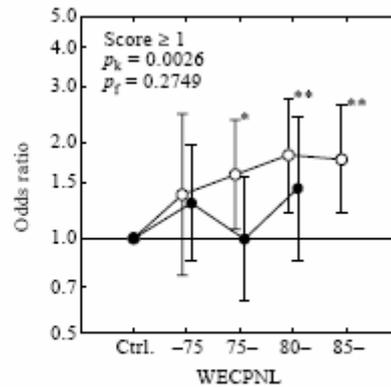
Im Ergebnis zeigten sich signifikante Zusammenhänge zwischen Erkältungskrankheiten, Kopf- und Bauchschmerzen, Essproblemen, Passivität, emotionale Labilität im Umfeld des Flughafens Kadena und signifikante Zusammenhänge zwischen Erkältungssymptomen, Essproblemen und Passivität im Umfeld des Flughafens Futenma.

Schlussfolgerung der Autoren: Kinder, die im Umfeld von Flughäfen wohnen und gewöhnlich gegenüber Fluglärm exponiert sind, tendieren zu Folgendem: sie holen sich rasch eine Erkältung, haben schlechteren Appetit und brauchen lange, um Freunde zu gewinnen.

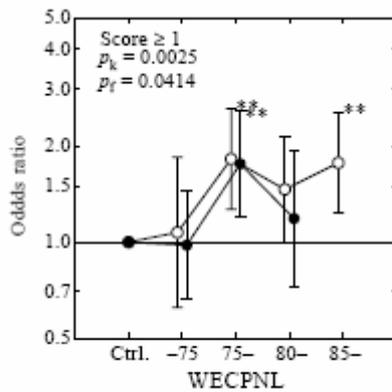
Abb. 41 Fluglärmstudie Okinawa – Kinder - Fluglärmbelastung und Gesundheitssymptome bei Kindern – a Erkältungssymptome, b Kopf- und Bauchschmerzen, c Essprobleme, d Passivität, e emotionale Labilität – offene Zirkel: Kadena, geschlossene dunkle Flächen: Futenma (Matsui et al. 2000)



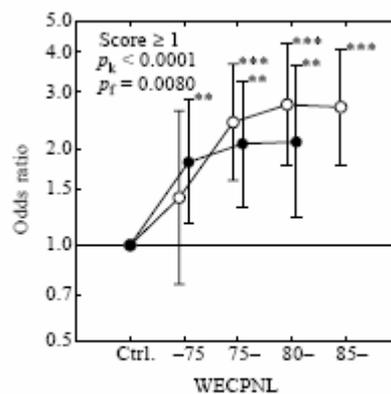
(a) Cold symptoms.



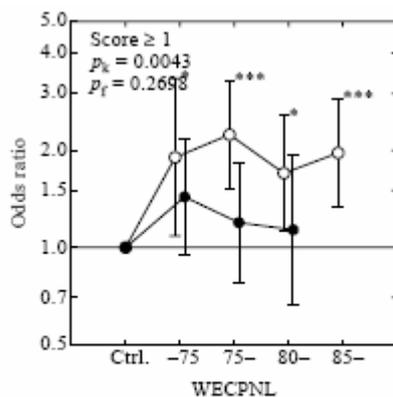
(b) Headache-stomachache.



(c) Eating problem.



(d) Passive inclination.



(e) Emotional instability.

Matsui T, Miyakita T, Hiramatsu K, Osada Y, Yamamoto T. Association between blood pressure and aircraft noise exposure around Kadena airfield in Okinawa. Inter Noise 2001, 2001 Internat Congress and Exhibition on Noise Control Engineering, The Hague, The Netherlands, 2001.

Fragestellung: Fluglärm und Bluthochdruck bei Erwachsenen

Methode: Befragung und körperliche Untersuchung von Anwohnern der Militärflughäfen Kadena, Okinawa in den Jahren 1994/5. Aufruf an alle Personen > 40 J (im wesentlichen Hausfrauen, Selbständige und Teilzeitbeschäftigte, da Vollberufstätige über die Gesundheitsuntersuchung durch ihre Arbeitgeber erfasst werden); insgesamt 28781 Teilnehmer (18217 Frauen, 9564 Männer; Responderate nicht angegeben).

Erfasst wurde u.a.: Alter, Geschlecht, Adresse; Messungen: Größe, Gewicht, BMI, Blutdruck – Bewertung nach WHO-Definition $\geq 140/\geq 90$ mm Hg

Fluglärmexposition für jede Adresse (Fluglärmkarten WECPCN -15 \approx L den)

Tab. 60 Fluglärmstudie Okinawa – Erwachsene – Fluglärmbelastung und Teilnehmer (Matsui et al., 2001 und 2004)

Fluglärm WECPCN	Fluglärm dB(A) Lden	Anzahl Personen
bis 75	bis 60	8752
75-80	60-65	13168
80-85	65-70	4102
85-90	70-75	2496
90-95	75-80	170
> 95	> 80	93
Alle		28781
Über 85 WECPCN	Über 70 dB(A) (Summe)	2759

Nach Kontrolle für Alter, Geschlecht, BMI (nicht Rauchen) wurden signifikant höhere Blutdruckwerte in der höchstbelasteten Gruppe (> 80 dB(A) Lden) als in der Kontrollgruppe (bis 60 dB(A)) Lden gefunden sowie signifikant häufiger Bluthochdruck in allen fluglärmbelasteten Gruppen (Abb. 42).

Schlussfolgerung der Autoren: Es zeigten sich signifikante Dosis-Wirkungs-Beziehungen zwischen der Fluglärmbelastung und systolischem/diastolischem Blutdruck sowie der Rate an Bluthochdruck. Die Daten legen eine kausale Wirkungsbeziehung zwischen der Lärmbelastung und dem Bluthochdruck nahe.

Darüber hinaus: Da in der untersuchten Gruppe sehr viele Hausfrauen waren, ist davon auszugehen, dass diese tatsächlich der Exposition an der Wohnadresse ausgesetzt waren (und nicht woanders gearbeitet haben).

Babisch zu Matsui: Die klinische Untersuchung von Bewohnern (keine Responderate angegeben) im Umfeld eines Militärflughafens auf der Okinawa-Insel zeigte eine signifikant höhere Häufigkeit an Bluthochdruck RR 1,4 in der exponierten Gruppe, Ldn ≥ 70 dB(A).

Abb. 42 Fluglärmstudie Okinawa – Fluglärm und Bluthochdruck bei Erwachsenen (Matsui et al. 2001)

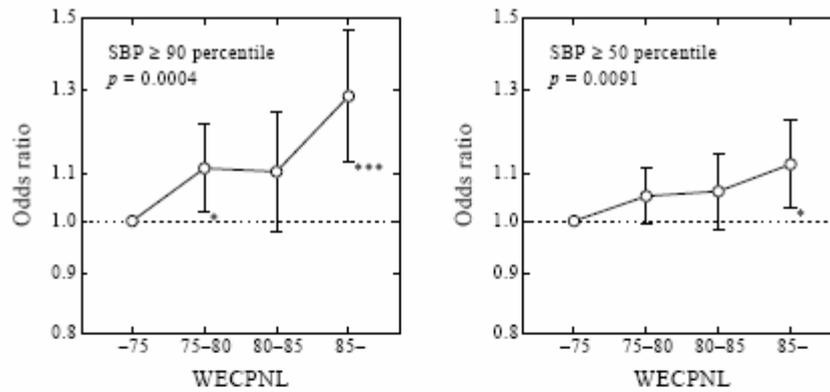


Figure 7.1 Odds ratio vs. WECPNL on higher systolic pressure.

*:p < 0.05, **:p < 0.01, ***:p < 0.001

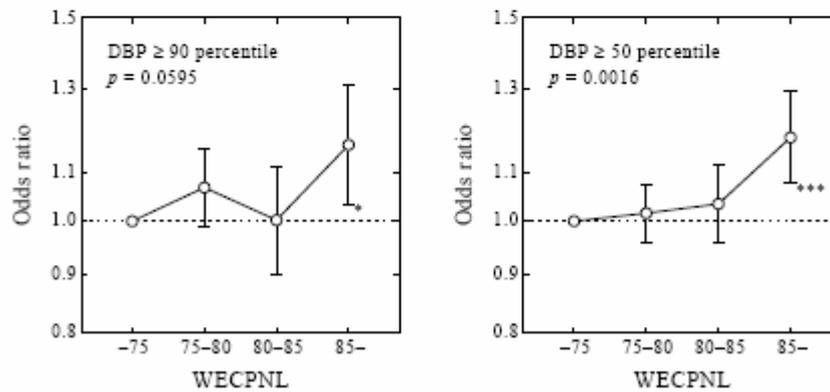


Figure 7.2 Odds ratio vs. WECPNL on diastolic blood pressure.

*:p < 0.05, **:p < 0.01, ***:p < 0.001

Matsui T, Matsuno T, Ashimine K, Hiramatsu K, Osada Y, Yamamoto T. Higher rate of Low-birth-weight and/or preterm infants observed around Kadena Airfield in Okinawa. Proc. ICA, Vol. III (2001)

Matsui T, Matsuno T, Ashimine K, Hiramatsu K, Osada Y, Yamamoto T. The Okinawa Study : Effect of chronic Aircraft Noise exposure on birth weight, prematurity and intrauterine growth retardation. Proc. 8th International conference on Noise as a Public Health Problem (2003) 91-92.

Fragestellung: Einfluß von Fluglärmbelastung auf Schwangerschaftsdauer und Geburtsgewicht im Umfeld der US-Militärflughäfen in Okinawa, Japan.

Methoden: Geburtsdaten (birth records) – Geburtsgewicht und Schwangerschaftsdauer - von 160.460 Geburten der Jahre 1974 bis 1993 in 15 Orten um die Flughafen Kadena und Futenma wurden retrospektiv ausgewertet;

Odds Ratios berechnet nach Frühgeburtlichkeit (< 37. Schwangerschaftswoche vs. ≥ 37. Schwangerschaftswoche) und erniedrigtem Geburtsgewicht (< 2500 g vs. ≥ 2500 g), adjustiert nach weiteren Einflussfaktoren wie z.B., Geschlecht, Alter der Mutter, „birth order“, Beruf des Haushaltsvorstands, Legitimität des Kindes, Jahr der Geburt und Zusammenhang zwischen Alter der Mutter und Geburten (birth order); eine Adjustierung war leider nicht möglich nach anderen Faktoren wie z.B. Rauchgewohnheiten;

Expositionsabschätzung: Durchschnittliche Fluglärmbelastung nach Lärmkarten (Ldn <60 bis > 73 dB(A)) der 15 Orte; die Geburtsdokumente enthielten nicht genaue Adresse, sondern nur die Ortsangabe.

Ergebnisse: Die Verteilung der Neugeborenen in den unterschiedlichen Fluglärmbelastungsgruppen zeigt Tab. 60) In der am höchsten fluglärmbelasteten Region mit 73 dB(A) Ldn lag die Frühgeburtenrate um 1,5 % und die Rate der Kinder mit niedrigem Geburtsgewicht um 1,9 % höher als in den Kontrollgebieten (< 60 dB(A) Ldn) (Tab. 61).

Kinder aus dem stark mit Fluglärm belasteten Orten hatten ein signifikant erhöhtes Risiko für niedriges Geburtsgewicht und Frühgeburtlichkeit: OR 1,3 für niedriges Geburtsgewicht der Neugeborenen und OR 1,25 für Frühgeburtlichkeit (Abb. 43).

Schlußfolgerung der Autoren: Wichtige Einflussfaktoren auf Frühgeburtlichkeit und Geburtsgewicht wie z.B. sozioökonomische Faktoren und insbesondere Rauchgewohnheiten waren bei dieser Studie nicht verfügbar, weshalb die Ergebnisse diesbezüglich nicht kontrolliert werden konnten; allerdings liegen keine Hinweise auf entsprechende Unterschiede zwischen den Gebieten mit unterschiedlicher Fluglärmbelastung vor. Vor diesem Hintergrund kann gefolgert werden, dass Fluglärm Frühgeburtlichkeit und ein erniedrigtes Geburtsgewicht verursacht.

Tab. 61 Fluglärmstudie Okinawa – Kinder – Einfluss der Fluglärmbelastung auf Schwangerschaftsdauer und Geburtsgewicht (Matsui et al. 2003)

Ort	Fluglärm L_{dn} dB(A)	Frühgeburten < 37. Schwangerschaftswoche			
		Geburten Alle - n	FG - N	FG - %	OR
Kadena Town	70-75	3.055	234	7,7 %	1,253 sign
Chatan Town	65-70	4.619	308	6,7 %	1,079 n.sign.
Okinawa City, etc	60-65	66.398	4.398	6,6 %	1,719 sign.
Control	< 60	42.713	2.651	6,2 %	1
Ort	Fluglärm L_{dn} dB(A)	Niedriges Geburtsgewicht < 2500 g			
		Geburten Alle - n	LBW - N	LBW - %	OR
Kadena Town	70-75	4.425	366	8,3%	1,32 (1,183-1,482)
Chatan Town	65-70	6.066	423	7,0%	1,086 (0,978-1,206)
Okinawa City, etc	60-65	92.332	6.439	7,0%	1,087 (1,042-1,134)
Control	< 60	57.637	3.667	6,4 %	1,00

LBW low birth weight, geringes Geburtsgewicht unter 2500 g

Abb. 43 Fluglärmstudie Okinawa – Kinder – Einfluss der Fluglärmbelastung auf Schwangerschaftsdauer (links) und Geburtsgewicht (rechts) (Matsui et al. 2003)

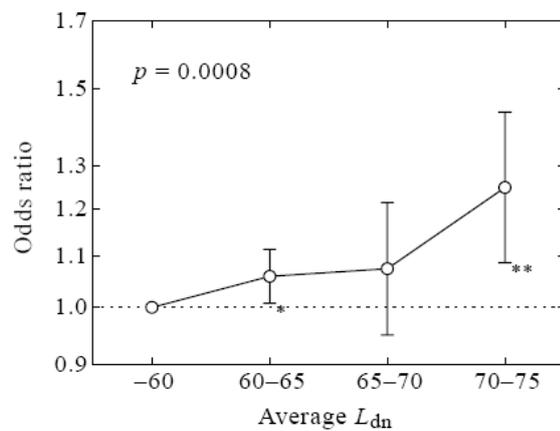


FIGURE 2. Odds ratio vs. L_{dn} (< 37 weeks).

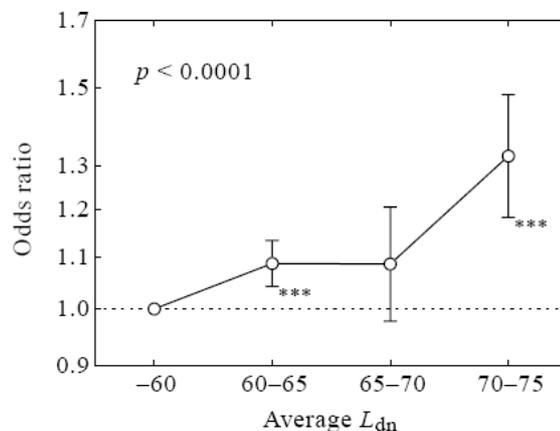


FIGURE 1. Odds ratio vs. L_{dn} (< 2,500 g).

Matsui T, Stansfeld S, Haines M, Head J. Children's Cognition and Aircraft Noise Exposure at Home – The West London Schools Study. Noise and Health (2004) 25: 49-58

Fragestellung: Fluglärmbelastung im Wohnumfeld und kognitive Fähigkeiten bei Kindern.

Ergänzungsstudie zu der schulbasierten Untersuchung im Umfeld des Flughafens London-Heathrow an je 10 fluglärmbelasteten Schulen (> 63dB, 16h Außenbelastung) und 10 nicht fluglärmbelasteten Schulen (< 57 dB(A) LAeq 16h) (Haines et al. 2002) im Hinblick auf die gleichzeitige Fluglärmbelastung im Umfeld der Wohnung.

Teilnehmer: 236 Viert-Klässler (Alter 8-9 Jahre, 117 Jungen, 119 Mädchen) der o.g. fluglärmbelasteten Schulen (Response 83%).

Kognitive Tests:

- **Leseverständnis:** (reading comprehension): UK standardisierte Skala (Suffolk reading Skala; d.h. nach Lesen eines Textes müssen 70 multiple choice Fragen zu diesem Text beantwortet werden, die zeigen, ob die Inhalte des Textes verstanden wurden.
- **Lang- und Kurzzeitgedächtnis:** Untersuchung analog der Münchner Studie (Hygge et al., 2002); den Kindern werden 2 Geschichten über Audiocassette vorgespielt, danach sollen sie soviel sie erinnern aufschreiben. Nach weiteren 30 min mit anderen Aufgaben (Suffolk Reading Test) sollten sie nochmals alles aufschreiben, woran sie sich aus den zwei Geschichten erinnern.
- **Aufmerksamkeit:** (sustained attention): Teile aus „Tests of Everyday Attention for Children“ (TEA-Ch): Punkteerreichung bei einem Computerspiel.

Eltern-Fragebogen zu Cofaktoren (soziale)

- o „Haushaltsbenachteiligungs-Index“ (household deprivation score nach Townsend Scale): Einkommen, Wohndichte (Bewohner/m²), Wohn- und Autoeigentum, Art der Wohnheizung, Arbeitslosigkeit, soziale Klasse, Bildung der Mutter
- o Muttersprache „main language“, d.h. die in der Familie gesprochene Sprache
- o Hautfarbe (weiß, nicht weiß)

Falls der Fragebogen nicht ausgefüllt wurde, wurde die freie Schulspeisung des Kindes als Parameter genutzt.

Die Fluglärmbelastung an der Schule und der Wohnung wurden den nationalen Fluglärmkarten entnommen.

Die Ergebnisse wurden adjustiert für Alter, Geschlecht, in der Familie gesprochene Sprache, Bildung der Mutter, Benachteiligungsindex und einzelne Schulen. Für die Berechnung von Odds-Ratios wurden die Testergebnisse dichotomisiert (d.h. in jeweils zwei Gruppen aufgeteilt) mit dem Median als Schnittstelle. Weitere Analysen wurden mittels multipler logistischer Regression und Trend-Tests vorgenommen.

Tab. 62 Fluglärmstudie London – Kinder – Fluglärm im Wohnumfeld und kognitive Fähigkeiten bei Kindern (Matsui et al.2004)

	< 63 dB (n=48)	63-66 dB (n=48)			> 66 dB (n=63)		
	OR	OR	OR 95-CI	p-Wert	OR	OR 95-CI	p-Wert
Leseverständnis (<97 Pkte)	1	2,57	0,89-7,450	0,080	2,17	0,75-6,28	0,153
Kurzzeitgedächtnis (<39 Pkte)	1	3,22	1,12-9,26	0,030	4,71	1,57-14,18	0,006
Langzeitgedächtnis (<34 Pkte)	1	2,43	0,88-6,70	0,086	5,45	1,83-16,20	0,002
Verzögertes Erkennen (<24Pkte)	1	1,34	0,49-3,66	0,562	1,67	0,60-4,67	0,325
Schlechtere Aufmerksamkeit (<24 Pkte)	1	1,24	0,49-3,16	0,649	1,01	0,40-2,52	0,987
Leseverständnis der 15 schwierigsten Fragen (<1Pkt)#	1	0,76	0,29-1,98	0,579	0,66	0,25-1,72	0,390

Alle adjustiert für Alter, Geschlecht, Deprivationsscore, Bildung der Mutter, Sprache zu Hause,

zusätzlich adjustiert für den Suffolk Lesetest

Es wurden signifikante dosisabhängige Zusammenhänge gefunden zwischen Fluglärmbelastung zu Hause und Lang- und Kurzzeitgedächtnis. Bei den anderen Tests (Lesen, Leseverständnis, Aufmerksamkeit) konnten keine entsprechenden Zusammenhänge zur Fluglärmbelastung gefunden werden (Tab. 62). In der partiellen Regression zeigten sich signifikante Einflüsse der in der Familie gesprochenen Sprache (besseres Gedächtnis bei nicht Englisch!) und dem Bildungsgrad der Mutter (schlechtere Gedächtnisleistungen bei geringerer/fehlender Qualifikation der Mutter) (Tab. 63).

Tab. 63 Fluglärmstudie London – Kinder – Fluglärm im Wohnumfeld und Kurz- und Langzeitgedächtnis bei Kindern (Matsui et al.,2004)

	Kin-der n	Kurzzeitgedächtnis < 39 Punkte			Langzeitgedächtnis < 34 Punkte		
		OR	OR 95-CI	p-Wert	OR	OR 95-CI	p-Wert
Lärmpegel zu Hause dB							
<63	41	1			1		
63-66	45	3,22	1,22-9,26	0,030	2,43	0,88-6,70	0,086
>66	52	4,71	1,57-14,2	0,006	5,45	1,83-16,20	0,002
Geschlecht							
Jungen	64	1			1		
Mädchen	74	1,18	0,51-2,75	0,6797	0,81	0,36-1,83	0,611
Haupts. Sprache in der Familie							
Englisch	89	1			1		
Nicht Englisch	49	0,35	0,13-0,95	0,039	0,29	0,11-0,76	0,012
Benachteiligungs-Index							
0-1	80	1			1		
2-3	31	2,01	0,67-6,08	0,216	1,71	0,58-5,02	0,328
4-6	27	2,30	0,61-8,75	0,221	1,04	0,30-3,62	0,948
Bildung der Mutter							
A-Level oder mehr	41	1			1		
O-Level	56	1,73	0,66-4,53	0,264	1,24	0,49-3,17	0,653
Keine Qualifikation	41	5,25	1,54-17,9	0,008	2,07	0,65-6,59	0,217

Insgesamt wurden also dosisabhängige Zusammenhänge zwischen der Fluglärmbelastung zu Hause und den Gedächtnisleistungen der Kinder und der Fluglärmbelastung an deren Wohnung gefunden, auch nach Korrektur für verschiedene soziodemographische Faktoren einschließlich Fluglärm an der Schule. Die Autoren betonen, dass diese Ergebnisse mit denen der Untersuchungen aus München und Okinawa übereinstimmen, dass sie aber mit Vorsicht interpretiert werden sollten, da vergleichbare Ergebnisse im Hinblick auf die Fluglärmbelastung an der Schule nicht erhalten wurden (Haines et al., 2001). Allerdings enthielt die schulbasierte Untersuchung auch die Kinder aus den nicht fluglärm-belasteten Schulen, während alle Kinder der hier vorgelegten Untersuchung einer hohen Fluglärm-belastung an der Schule, aber unterschiedlichen Fluglärmbelastungen zu Hause ausgesetzt waren.

Die Autoren schlussfolgerten: Fluglärm an der Wohnung beeinträchtigt das Gedächtnis von Kindern – nicht die anderen untersuchten kognitiven Funktionen wie Aufmerksamkeit, Leseverständnis.

Miedema HME, Vos H. Associations between self reported sleep disturbance and environmental noise based on reanalyses of pooled data from 24 studies. *Behavioural Sleep Medicine* (2007) 5: 1-20.

Selbst berichtete Schlafstörungen und Verkehrslärm – Reanalyse von 24 Studien

Die Autoren führten eine Reanalyse der gepoolten Daten aus insgesamt 28 Originaldatensätzen von 24 Studien zur Auswirkung von Verkehrslärm auf den Schlaf, resp. die Störung des Schlafs durch. Insgesamt waren 23400 Menschen befragt worden, darunter 9,982 Teilnehmer von 8 Studien zu Schlafstörungen durch Fluglärmbelastung, 10.231 Teilnehmer aus 15 Studien zur Straßenlärmbelastung und 3187 Teilnehmer in 5 Studien zu Schlafstörungen durch Eisenbahnlärm. Die Formulierung der Fragen war in den einzelnen Studien etwas unterschiedlich.

Datasets With the Sleep Disturbance Question and Response Categories: Aircraft

<i>Study</i>	<i>n</i>	<i>Sleep Disturbance Question</i>
FRA-239 (Diamond, 1986)	264	If aircraft noise wakes you up at night during weekday-weekend, how much does this annoy you? Not at all, a little, quite, very much.
NET-240 (Diamond, 1986)	474	If aircraft noise wakes you up in the middle of the night during weekdays-weekends, how much are you annoyed? Not at all, a little, quite, very much.
SWI-525 (Wirth, Brink, & Schierz, 2004)	308	How strongly during the past 12 months were you annoyed by aircraft noise while maintaining sleep? Not, very weakly, weakly, clearly, strongly, very strongly, unbearably strongly.
UKD-024 (DORA, 1971)	2,533	If ever woken up by aircraft ask: When they wake you up how annoyed does this make you feel? Not at all, little, moderate, very.
UKD-182 (DORA, 1980)	2,852	Still thinking of the past 3 months or so, have you ever been woken up while asleep? No, less than one night a month, one or two nights a month, about one night a week, about two or three nights a week, almost every night.
UKD-238 (Diamond, 1986)	598	If aircraft noise wakes you up in the middle of the night during weekdays-weekends, how much are you annoyed? Not at all, a little, quite, very much.
UKD-242 (Brooker, 1983)	1,294	If noise heard ask: Do the aircraft ever wake you up? No, yes. If yes: If aircraft wake you up how annoyed does this make you feel? Very annoyed, moderately, a little, not at all.
USA-022 (Patterson, Connor, & William, 1973)	1,659	If aircraft heard or annoyed by aircraft: Now we need to know to what extent and how often you are disturbed by aircraft noise here. As I mention each activity, please tell me how much and how often you are bothered. Activity = sleeping. Never, ... , very often.

Note. The study codes in the first column refer to Fields's (2001) catalog, and a key reference is given. Cases are counted in the second column if valid noise exposure and sleep disturbance data are available ($N = 23,400$; aircraft: $n = 9,982$).

Anhand vorliegender Lärmkarten war die Lärmbelastung durch die unterschiedlichen Verkehrslärmquellen abgeschätzt worden. Bei allen Arten von Verkehrslärm war eine deutliche Zunahme des Anteils der leicht, mittel und sehr stark durch Lärm im Schlafen Gestörten zu erkennen; bei gleichem Schalldruck war der störende Effekt bei Eisenbahnlärm am geringsten, bei Straßenlärm deutlich höher und bei Fluglärm nochmals etwas höher.

Abb. 44 Verkehrslärm und Störungen des Schlafs – Schiene, Straße, Flug – Review (Miedema und Vos 2007)

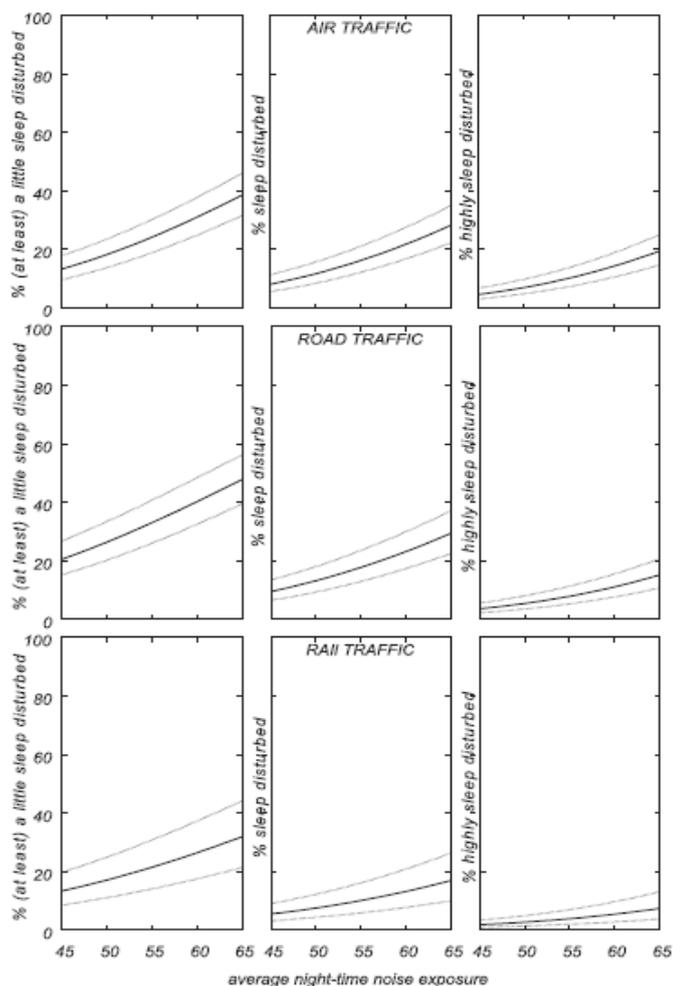


FIGURE 1 The functions that specify three sleep disturbance measures (solid lines) in relation to the average nighttime exposure outside at most exposed façade, and their 95% confidence intervals (broken lines) for air traffic (upper row), road traffic (middle row), and railways (bottom row).

Die selbstberichteten, verkehrslärmbedingten Schlafstörungen wiesen darüber hinaus einen invers u-förmigen Zusammenhang mit dem Alter der Befragten auf: Menschen zwischen 50 und 60 Jahre fühlten sich immer mehr im Schlaf gestört als jüngere oder ältere Teilnehmer.

Die Autoren stellen abschließend fest, dass weitere Studien durchgeführt werden sollten, um besser belastbare Ergebnisse zu erhalten. Darüber hinaus sollte auch eher der im Schlafrum gemessene Verkehrslärm als Bezugspunkt gewählt werden, was allerdings derzeit mangels entsprechender Studien nicht möglich ist, weshalb sich alle o.g. Angaben auf den geschätzten Lärm außerhalb der Wohnung beziehen. Auch halten sie es für wünschenswert, diese Zusammenhänge für die verschiedenen Nachtphasen – Tagesrandbereiche späte Abend- und frühe Morgenstunden sowie die Nacht im engeren Sinne – differenziert zu untersuchen.

Morrell SL: Aircraft Noise and Child Blood Pressure. University of Sydney. Inauguraldissertation 2003

Morrell SL, Taylor R, Carter N et al., Cross-sectional relationship between blood pressure of school children and aircraft noise. In: Carter N, Job RFS (eds): Noise effects '98. Congress proceedings of the 7th international congress Noise as a Public Health Problem. Sydney, 22-26 November 1998. Vol. I, P 275-279.

Fragestellung: Zusammenhang zwischen Fluglärmbelastung durch den Flughafen Sydney im Wohn- und Schulumfeld und Blutdruck bei Kindern, insbesondere im Kontext der Inbetriebnahme einer weiteren, neuen Startbahn (Nord-Süd) und Schließung der alten Startbahn (Ost-West).

Methode: Querschnittstudie 1994/5 und Längsschnittstudie 1997. In 75 Schulen im Umfeld von 20 km um den Flughafen Sydney nahmen bei der Erstuntersuchung 1230 Grundschul Kinder im Alter von 8-9 Jahren teil (Responserate 40 %). An der Nachuntersuchung im Jahre 1997 nahmen noch 628 dieser Kinder teil (11 Jahre), d.h. 51% der Erstuntersuchten.

Untersuchungen:

- Messungen:

Systolischer und diastolischer Blutdruck, automatisches Messgerät
Körperlänge, Gewicht, Fettpaltendicke und Hüftumfang.

- Elternfragebogen:

ethnischer Hintergrund,
Wohnadresse, Wohngebiet,
Essgewohnheiten und Aktivität des Kindes,
Familienanamnese für Bluthochdruck.

Exposition: Fluglärm wurde gemessen – an den Schulen und Wohnungen - Angabe in Australian Noise Exposure Index (ANEI). Dieser Index enthält Angaben zur Anzahl, Art, Höhe der Überflüge incl. Wetterdaten (und ist nach Rückfrage beim Autor kaum in dB(A) umzurechnen). Fluglärmmessung und Blutdruckmessung wurden möglichst im gleichen Monat durchgeführt.

Die Blutdruckmesswerte wurden bezogen auf den Lärm an der Wohnadresse und an der Schule und korrigiert nach Einflussfaktoren wie Körpergröße, Rasse, Familienanamnese für Bluthochdruck.

Ergebnisse:

Es werden sehr detailliert anthropometrische Daten dargestellt: Jungen sind größer als Mädchen, haben eine stärkere Fettpaltendicke, aber keinen höheren Body Mass Index als die Mädchen; bei insgesamt höherer Aktivitätsrate haben sie einen geringeren Puls als diese (85,9±11,13 vs. 89,9±11,47). Die Kinder ohne englischsprachigen Hintergrund sind im Mittel signifikant kleiner, haben eine signifikant höhere Fettpaltendicke als Kinder mit englischsprachigem Hintergrund; die wenig aktiven Kinder haben einen sign. höheren Body Mass Index, Fettpaltendicke und Pulsrate als die aktiven Kinder.

Nach Berücksichtigung der möglichen Kofaktoren (Gewichtstatus, Ethnie etc): Keine konsistenten Zusammenhänge zwischen systolischem Blutdruck und Fluglärm an der Schule und/oder der Wohnung; der systolische Blutdruck war bei der Erstuntersuchung gering negativ assoziiert mit Fluglärm an der Schule, bei der Nachuntersuchung schwach positiv (beides nicht signifikant). Im Follow-up war

die Blutdruckänderung positiv mit der Änderung der Fluglärmbelastung an der Schule assoziiert, aber negativ assoziiert mit der gesamten Fluglärmbelastung (Schule und Wohnung).

Tab. 64 Fluglärmstudie Sydney – Kinder – Teilnehmer, Anamnese und Blutdruckwerte (Morrell 2003)

	Systol. Blutdruck mmHg Mittelwert±sdev	Diastol. Blutdruck mmHg Mittelwert±sdev
Alle	111,5±9,8	59,4±8,3
Geschlecht		
Jungen	111,2±9,4	59,5±8,0
Mädchen	111,8±10,2	59,3±8,6
NichtEnglisch-sprachiger Hintergrund		
Ja (332)	113,1±10,3***	60,5±8,1**
Nein (898)	110,9±9,5	59,0±8,4
Familienanamnese Bluthochdruck		
Ja (562)	111,7±9,9	59,5±8,3
Nein (668)	111,4±(9,5)	59,4±8,3
Ein Elternteil Bluthochdruck		
Ja (178)	113,0±10,3	59,8±10,0
Nein (1052)	111,3±9,6	59,4±9,7
Kind Bluthochdruck		
Ja (8)	114,2±12,0	60,4±9,2
Nein (1222)	111,5±9,8	59,4±8,3
Kind wenig aktiv		
Ja (74)	113,5±9,5	59,6±6,9
Nein (1156)	111,4±9,8	59,4±8,4
Salz zusätzlich auf Nahrung		
Ja (748)	111,4±9,7	59,6±8,3
Nein (482)	111,7±9,9	59,1±8,3

Abb. 45 Fluglärmstudie Sydney - Kinder - Zusammenhangsanalysen zwischen Fluglärmbelastung und Blutdruck– bei der Erst- und der Folgeuntersuchung (Morrell 2003)

Figure 3.2 Systolic blood pressure versus school aircraft noise exposure (ANEI units), baseline and follow-up

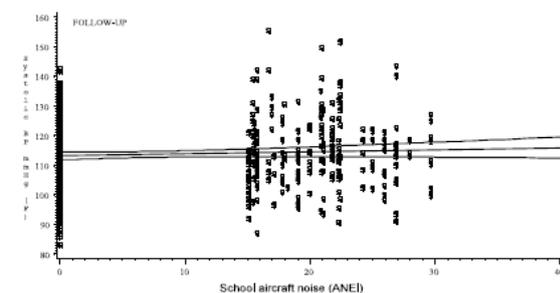
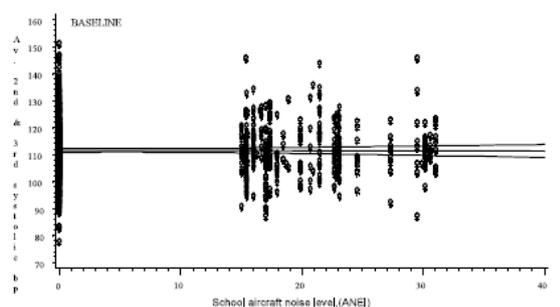
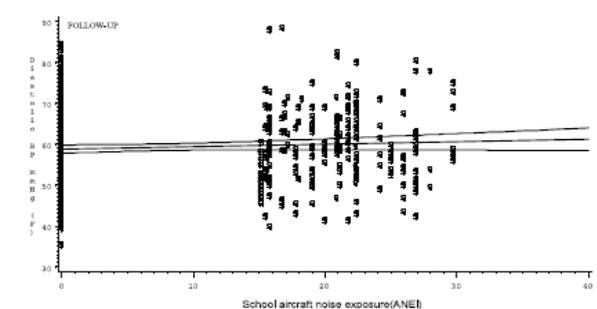
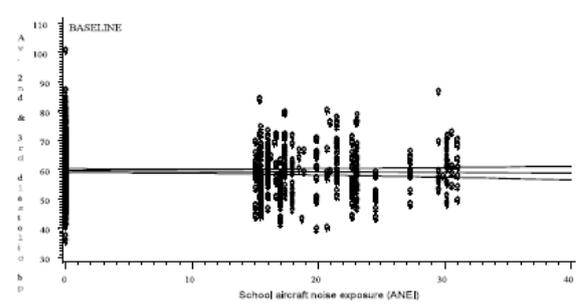


Figure 3.6 Diastolic BP (mmHg) and school aircraft noise exposure (ANEI units), baseline and follow-up



Fluglärmstudie Sydney - Zusammenhangsanalysen zwischen Fluglärmbelastung und Blutdruck der Kinder – bei der Erst- und der Folgeuntersuchung (Morrell 2003)

An der Nachuntersuchung nahmen noch 628 Kinder teil. Beim Vergleich der Teilnehmer und der „Nichtmehrteilnehmer“ zeigte sich, dass mehr Kinder mit positiver Familienanamnese für Bluthochdruck sowie mit Eltern mit Bluthochdruck als auch mehr stärker fluglärmexponierte Kinder als nicht exponierte Kinder teilnahmen. Die Gruppe der Teilnehmer und der Nichtteilnehmer unterschied sich jedoch nicht im Hinblick auf mittleren Blutdruck, Pulsrate, Gewichtsstatus bei der Erstuntersuchung. Kinder, die weiter teilnahmen, hatten bei der Erstuntersuchung eine höhere Fettdicke (schwach signifikant).

Insgesamt wurden keine konsistenten signifikanten Zusammenhänge zwischen Fluglärmbelastung an der Schule bzw. an der Wohnung und Schule und dem Blutdruck der Kinder gefunden, weder bei der Erst- noch bei der Folgeuntersuchung (detailliert untersucht für alle, Jungen/Mädchen, versch. Ethnien, versch. Risikopopulationen). Blutdruckanstiege zwischen der Erst- und der Nachuntersuchung waren nicht assoziiert mit den Änderungen des Fluglärms (neu Exponierte bzw. nicht mehr Exponierte), es fanden sich signifikant negative Assoziationen zwischen Fluglärmmanstieg und systolischem Blutdruck bei den Jungen und signifikant positive Assoziationen bei den Mädchen, Ergebnisse, die beim diastolischen Blutdruck nicht bestätigt wurden (keine Assoziationen). Kurz zurück liegende Zunahme des Fluglärms war – auch nach Korrektur für verschiedene Variablen – signifikant mit einer Blutdruckabnahme assoziiert.

Schlussfolgerung der Autoren: Es wurden keine konsistenten Zusammenhänge zwischen der Fluglärmbelastung und dem Blutdruck der Kinder gefunden. Die Autoren diskutieren mögliche Gründe für die Nichtbestätigung der Befunde aus Los Angeles in der Untersuchung in Sydney (Morrell Seite 302): Unterschiedliche Adjustierung für Confounder (Cohen et al. berichteten ausschließlich nicht adjustierte Daten), unterschiedliche Lärmmessungen und Lärmkategorien, Unterschiede in der Teilnehmerzahl (262 Los Angeles vs. 1230 Sydney) und der Lärmbelastung, unterschiedliche Beachtung von Clustereffekten.

Ollerhead JB, Jones CJ, Cadoux RE, Woodley A, Atkinson BJ, Horne JA, Pankhurst F, Reyner L, Hume KI, Van F, Watson AL, Diamond ID, Egger P, Holmes D, McKean J. Report of a field study of aircraft noise and sleep disturbance. Department of Safety, Environment and Engineering, Civil Aviation Authority, London (1992)

Fragestellung: Fluglärm und Schlafstörungen

Methode: Jeweils 2 Regionen um Heathrow, Gatwick, Stansted und Manchester Airport. 400 Personen (211 Frauen, und 189 Männer) 20-70 Jahre; jeweils 15 Nächte; insgesamt 5742 Nächte Lärm außen am Haus gemessen (nicht im Raum des Schlafers); 1-20 Überflüge pro Nacht. Aktometrie und Schlaftagebuch
Aktometrie; jeweils 50 Personen pro Ort gepoolt und zum Fluglärm in Beziehung gesetzt (± 5 sec).

Ergebnisse: 400 Personen wachten in 5742 Testnächten zu Hause insgesamt 6457 mal auf; 351 (5,4 %) der Aufwachreaktionen im Zusammenhang mit Fluglärm und damit deutlich seltener als Aufwachen, um nach den Kindern zu sehen, zur Toilette zu gehen und andere lärmunabhängige Gründe. Obwohl zwischen den einzelnen Untersuchungsorten der Fluglärm sehr unterschiedlich war, war die Varianz in aktometrischen Messungen eher gering.

Bei < 80 dB(A) Außenlärm blieb der Schlaf weitgehend unbeeinflusst; bei Maximalpegeln über 90 dB(A) außen lag die Aufwachwahrscheinlichkeit zwischen 1/60 und 1/100.

Die Empfindlichkeit gegenüber Fluglärm war in der ersten Nachthälfte geringer als in der zweiten. Menschen, die sich selbst als lärmsensibel beschrieben, hatten ein 2,5fach höheres Risiko aufzuwachen als Nicht-Lärm-Sensitive.

(hier lag die Originalarbeit nicht vor; Angaben aus dem Review: Michaud DS, Fidell S, Pearsons K, Campbell KC, Keith SE: Review of field studies of aircraft noise-induced sleep disturbances. J Acoustical Society of America (2007) 121: 32-41)

Passchier-Vermeer W, Vos H, Steenbekkers JHM. Sleep disturbance and aircraft noise exposure. Exposure-effect relationships- TNO Prevention and Health, Report No. 2002.027

Fragestellung: Fluglärm und Schlafstörungen; Dosis-Wirkungs-Beziehungen?

Methode: Feldstudie im Umfeld des Flughafens Schiphol, Amsterdam
418 Personen, je 11 Tage (Nächte), 18-81 J;

Aufwachreaktionen wurden mit den Fluglärm-Armband-Aktometer ermittelt, zusätzlich Morgen- und Abendfragebogen zur Schlafqualität, erinnerte Aufwachreaktionen und Belästigung, Reaktionstest vor dem Zu-Bett-Gehen. Als Kontrollvariablen wurden erhoben: Einstellung gegenüber Fluglärm und der geplanten Erweiterung des Flughafens, generelle Schlafqualität, Ausstattung der Fenster im Schlafraum etc.

Fluglärmmessung sowohl außerhalb als auch innerhalb des Schlafraums.

Ergebnisse:

Insgesamt 5951 Knopfdruckreaktionen wurden in 7.874.899 15-sec-Abschnitten registriert; 763 davon (0,08%) in 15-sec-Abschnitten mit gleichzeitigem Fluglärm.

Die von den Testpersonen angegebene Qualität des Schlafs war mit der Anzahl der Überflüge und der Gesamt-Lärmbelastung im Schlafraum nicht assoziiert, jedoch mit der Bewegungsunruhe. Im Vergleich mit der Bewegungsunruhe und der gemessenen Latenzzeit bis zum Einschlafen, beeinflusste die wahrgenommene Zeit bis zum Einschlafen sehr viel mehr die wahrgenommene Schlafqualität, die Tagesmüdigkeit und die erinnerten Aufwachreaktionen. Die nächtliche Fluglärmbelastung zeigte keine Zusammenhänge mit den kognitiven Leistungen (Leistungstests) am Folgetag.

Sofortwirkung: d.h. Aufwachreaktionen innerhalb von 15 sec. nach dem Lärmereignis

32 dB L_{max} und Dauerpegel von 38 dB im Innenraum wurden als Schwelle für zunehmende Bewegungsunruhe gefunden. Die Schwelle für beginnende Bewegungsunruhe wurde mit 32 dB L_{max} und 40 dB Dauerpegel bestimmt. Bei geringem Innen-Geräuschpegel war die Wahrscheinlichkeit einer Bewegungsänderung höher, insbes. bei hohen Maximalpegeln des Fluglärms; die Aufwachwahrscheinlichkeit nahm mit der Schlafdauer zu; die höchste fluglärminduzierte Mobilität wurde bei den 46J alten Personen gefunden, geringere bei jüngeren und bei älteren.

Wirkungen bis 24 h: Dauerlärm im Innenraum und Anzahl der im Innenraum ermittelten Fluglärmereignisse waren signifikant mit der Bewegung im Schlaf assoziiert, ließen aber keine Zusammenhänge zur am nächsten Morgen berichteten Schlafqualität erkennen. Fluglärm hatte einen Einfluß auf die Dauer zwischen Zu-Bett-Gehen und dem Einschlafen (Schlaflatenzzeit); diese war aber auch abhängig von Tages- und Abendschlafperioden, Anzahl der getrunkenen Tassen Kaffee sowie Anzahl der alkoholischen Getränke. Kaffee erhöhte die Schlaflatenzzeit, alkoholische Getränke verminderten sie – beides geringfügig. - Es konnte kein signifikanter Einfluß von Nachtfluglärm auf die Tagesmüdigkeit am folgenden Tag gefunden werden.

Langzeitwirkungen: Auch wenn Langzeitwirkungen nicht primär im Mittelpunkt dieser Studie standen, zeigte sich doch, dass mit zunehmendem nächtlichem Fluglärm im Schlafraum folgende Reaktionen zunehmen: Fluglärm-Belästigung allgemein und besonders in der Nacht, Wahrnehmung

von Fluglärm allgemein und in der Nacht, Häufigkeit des Aufwachens wegen Fluglärm, Unzufriedenheit (dissatisfaction) wegen des Fluglärms im Wohnumfeld, Angst und Sorgen wegen des Fluglärms, unerwünschte Wirkungen des Fluglärms auf den Schlaf und die Schlafqualität.

Ein wesentlicher Einflussfaktor war dabei das Alter, aber auch allgemeine Lebenszufriedenheit, Zufriedenheit mit der Umgebung, Zufriedenheit mit der Schallisolierung des Hauses, verändertes Lüftungsverhalten wegen des Fluglärms, Lärmempfindlichkeit und eine aktive Haltung/Einstellung gegenüber Problemen und Situationen („Coping“).

Die Autoren (Passchier et al., 2002) fassten zusammen:

- Die individuelle Flug-Lärmbelastung im Innenraum unterschied sich um etwa 30 dB(A) bei Betroffenen im gleichen Wohnumfeld.
- Die individuelle Fluglärm-Exposition während des Schlafs hat eine große Bedeutung für die Zunahme der Wahrscheinlichkeit fluglärmbedingter Bewegungen im Schlaf.
- 32 dB(A) max. wurde als Schwellenwert für Aufwachreaktionen ermittelt, dieser Wert ist niedriger als erwartet.
- Fluglärm im Schlafzimmer erhöht nicht nur die Wahrscheinlichkeit für mehr Bewegungen im Schlaf, sie erhöht auch die durchschnittlichen Bewegungen im Schlaf.
- Fluglärm während des Schlafs erhöht nicht nur die Anzahl der (behavioural) Aufwachreaktionen sondern auch die Anzahl der am nächsten Morgen erinnerten Aufwachreaktionen.
- Die Menschen geben an, bei Fluglärmexposition in der Schlafatenzzeit schwieriger einzuschlafen; die Schlafatenzzeit nimmt mit der Höhe der Fluglärmbelastung zu.
- Fluglärm beeinflusst nicht die am nächsten Morgen erinnerte Schlafqualität.
- Fluglärmexposition in der Nacht hat nur einen geringen Effekt auf die Müdigkeit am nächsten Morgen, aber nicht auf die Müdigkeit am nächsten Tag und Abend insgesamt.
- Fluglärmexposition in der Nacht hat keinen Effekt auf die Reaktionsteste am nächsten Abend.
- Alter ist ein wichtiger Einflussfaktor für den Schlaf und die Reaktion auf Fluglärm.
- ...
- In dieser Studie nimmt die Anzahl der angegebenen gesundheitlichen Beschwerden mit der Fluglärmexposition während des Schlafs zu, ist aber nicht assoziiert mit der durchschnittlichen nächtlichen Fluglärmexposition (23-07 Uhr) jährlich am Wohnort.

Rehm S, Jansen G. Aircraft noise and premature birth. J Sound Vibration (1978) 59: 133-135

Fragestellung: Auswirkung von Fluglärm auf Schwangerschaftsdauer bzw. Geburtsgewicht.

Methode: Retrospektive Auswertung der Krankenakten aus 4 Krankenhäusern im Umfeld des Flughafens Düsseldorf; 1452 Geburten erfasst innerhalb von 4,5 Jahren (Jahreszahl nicht angegeben); Geburtsgewicht, Alter der Mutter, Parität, Geburtsreihe, Familienstand, Sozialstatus (nach Beruf des Vaters). Adresse der Mutter; Frühgeburt definiert bei Geburtsgewicht <2500 g.

Fluglärmbelastung: Abgeschätzt aus Adresse der Mutter, quasi vier konzentrische Kreise um den Flughafen gelegt; Annahme: weiter entfernt weniger Fluglärm (nicht gemessen, nicht von Fluglärmkarten abgelesen).

Ergebnisse: Mit zunehmender Entfernung vom Flughafen nahm die Rate der Kinder < 2500g („Frühgeburten“) ab; nicht signifikant.

Tab. 65 Fluglärmstudie Düsseldorf – Neugeborene – Geburtsgewicht (Rehm und Jansen 1978)

Wohngebiet	Geburten	Frühgeburten
Weit entfernt vom Flughafen	1053	5,9 %
Mittelweit	265	6,0 %
Am nächsten zum Flughafen	143	6,7 %

Schlussfolgerung der Autoren: Es konnte kein signifikanter Effekt von Fluglärm auf die Rate an „Frühgeburten“ gefunden werden, aber eine klare Tendenz. In weiteren Untersuchungen sollten weitere Daten berücksichtigt werden, z.B. der Zuzug in das jeweilige Wohngebiet, Berufstätigkeit während der Schwangerschaft, Art und Ort des Arbeitsplatzes, Befragung zur subjektiven Lärmbelastung an der Arbeitsstelle und zu Hause, Sozialstatus, Alter, Parität, Geburtenfolge, Größe und Gewicht der Mutter sowie Zigaretten- und Alkoholkonsum.

Anmerkung: Keine Fluglärmmessung oder Ablesen aus Fluglärmkarte, insofern ist die Gruppeneinteilung nicht sehr detailliert. Ein Teil der von den Autoren abschließend genannten möglichen Kofaktoren wurde in der Studie erhoben; aus der Publikation geht aber nicht hervor, ob diese bei der Auswertung berücksichtigt wurden oder ob es sich bei den vorgestellten Daten um unadjustierte Daten handelt.

Rosenlund M, Berglind N, Pershagen G, Jarup L, Bluhm G. Increased prevalence of hypertension in a population exposed to aircraft noise. *Occup Environ Med* (2001) 58:769-73.

Frage: Fluglärm und Bluthochdruckrisiko. Die Untersuchungen wurden nicht nur auf den mittleren Lärmpegel über einen Tag bezogen, sondern erstmals auch auf maximale Lärmpegel.

Methode: Fragebogenerhebung bei Fluglärmbelasteten und Kontrollpersonen im Umfeld des Stockholmer Flughafens; zwei Zufallsstichproben im Alter von 18-80 Jahren – einmal im Umfeld des Flughafens, die zweite außerhalb. Fragebogen wurden im April 1997 per Post verschickt. Die Responderate betrug 70 %. Der Fragebogen enthielt u.a. die Frage: „Hat bei Ihnen ein Arzt in den letzten 5 Jahren Bluthochdruck diagnostiziert?“. Weitere Fragen betrafen Rauchen, Bildung, Wohnort, Wohndauer, Hörstörungen. Nur Menschen, die mehr als ein Jahr an der angegebenen Wohnadresse wohnten, wurden eingeschlossen.

Die Fluglärmbelastung wurde den nationalen Fluglärmkarten entnommen, unterteilt in 5 dB(A)-Abschnitte ab 50 dB(A).

Ergebnisse: OR für Bluthochdruck (adj. für Alter, Geschlecht, Rauchen, Bildung) 1,6 (1,0-2,5) für Exponierte über 50 dB(A) L_{den} und 1,8 (1,1-2,8) für Exponierte mit Maximalpegeln > 70 dB(A) max.; insbesondere für Ältere und Nicht-Hörgeschädigte waren die Risikoerhöhungen mit 1,9 resp. 2,0 noch deutlicher.

Tab. 66 Fluglärmstudie Stockholm – Erwachsene - Bluthochdruck in Abhängigkeit von der Fluglärmbelastung über den gesamten Tag und den maximalen Fluglärmspiegeln (Rosenlund et al. 2001)

	Teilnehmer		Bluthochdruck		OR roh		OR adj.	
	Anzahl		Anzahl	Prozent	OR	OR CI	OR	OR CI
Fluglärm Tag gesamt								
< 55 dB(A)	2821		395	14	1		1	
> 55 dB(A)	138		27	20	1,5	1,0-2,3	1,6	1,0-2,5
Fluglärm Maximum								
< 72 dB(A)	2815		393	14	1		1	
> 72 dB(A)	144		29	20	1,6	1,0-2,4	1,8	1,1-2,8

Abb. 46 Fluglärmstudie Stockholm – Erwachsene – Risiko für Bluthochdruck in Abhängigkeit vom Dauerschallpegel und dem Maximalpegel (Rosenlund et al. 2001)

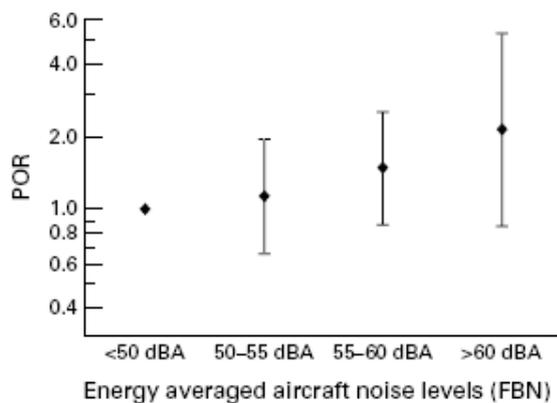


Figure 2 Risk for hypertension in different categories of equal energy aircraft noise levels (FBNs). Midpoints represent adjusted prevalence odds ratios (PORs) and error bars are 95% CIs.

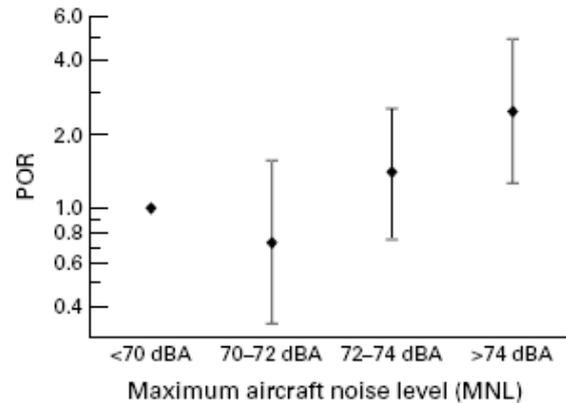


Figure 3 Risk for hypertension in different categories of maximum aircraft noise levels (MNLs). Midpoints represent adjusted prevalence odds ratios (PORs) and error bars are 95% CIs.

Diskussion und Schlussfolgerungen der Autoren: Die Autoren weisen auf enge Korrelationen zwischen dem Tageslärmpegel und dem Maximalpegel hin. Sie nennen als Probleme, dass weder Familienanamnese bzgl. Bluthochdruck noch Gewichtsstatus erhoben wurde, allerdings wurden bestimmte Lebensgewohnheiten wie Bewegung und Ernährung erfragt - die keine Änderung auf das gefundene Risiko zeigten. Auch die Berücksichtigung von Bildung und Wohnen führte nicht zu anderen Ergebnissen; sie verweisen darauf, dass in ihrer Untersuchung keine Blutdruckmessungen vorgenommen wurden, sondern nur nach ärztlich diagnostiziertem Bluthochdruck gefragt wurde. Einen Erinnerungsbias halten sie aber für unwahrscheinlich. „Unsere Daten zeigen, dass Fluglärm Hypertonie verursachen kann (may cause). Dies impliziert, dass Fluglärm auch ein Risikofaktor für Herz-Kreislauf-Erkrankungen darstellen kann“.

Babisch zu Rosenlund:

Eine schwedische Studie (Fragebogen per Post) im Umfeld des Stockholmer Flughafens mit einer Responserate von 70 % zeigte eine Dosis-Wirkungskurve mit erhöhtem Hypertonie-Risiko, beginnend ab bereits „niedrigen“ Belastungen von 55 dB(A) (FBN, schwedischer Mittelungswert): für gegenüber mehr als 55 dB(A)-Exponierte wurde ein relatives Risiko von 1,6 gefunden, signifikant.

Schell LM, Environmental noise and human prenatal growth. Am J Phys Anthropol (1981) 56: 63-70

Fragestellung: Einfluss der Wohnnähe der Schwangeren zu einem US-amerikanischen Flughafen auf Geburtsgewicht und -länge der Neugeborenen.

Methode: Familien wurden über die lokale Schule kontaktiert; ausführliche Interviews mit den Eltern zu ethnischen Hintergrund, Bildung und Einkommen, Größe und Gewicht, Krankheiten der Kinder, Wohnadresse der Mutter während der Schwangerschaft. Das Geburtsgewicht wurde den Akten des Krankenhauses entnommen, die Schwangerschaftsdauer von der Mutter erfragt. Die so erhobenen Daten von 115 Neugeborenen wurden einer multivariaten Analyse unterzogen, adjustiert für „family characteristics“.

Expositionsabschätzung: Zuordnung der Mütter nach Fluglärmexposition (gemessen) in der Ortschaft, in welcher sie zum Zeitpunkt der Schwangerschaft gewohnt hatten: diese wurde in drei Lärmklassen unterteilt (Maximalpegel, bzw. „1% Pegel“ > 100dB(A), 90-99 dB(A) und unter 90 dB(A)); keine Abschätzung direkt an der Wohnadresse.

Ergebnisse: Es ergaben sich negative partielle Korrelationen zwischen Lärm und Schwangerschaftsdauer (signifikant bei Mädchen $r=-0,49$, $p: 0,0008$, nicht bei Jungen $r=-0,18$, $p=0,15$); keine signifikanten partiellen Korrelationen zwischen Lärm und Geburtsgewicht, weder bei Jungen noch bei Mädchen.

Tab. 67 Fluglärmstudie USA – Kinder – Einfluss auf Schwangerschaftsdauer und Geburtsgewicht – nach Berücksichtigung weiterer möglicher Einflussfaktoren (Schell 1981)

Multivariate Analyse	Mädchen (n=48)		Jungen (n=67)	
	F-Test	p-Wert	F-Test	p-Wert
Schwangerschaftsdauer				
<i>Lärmexposition</i>	13,32	0,0008	2,09	0,15
Mutter: Alter	-	-	0,42	0,52
Mutter: Parität	0,60	0,443	-	-
Mutter: Körpergewicht	0,00	0,947	1,23	0,27
Mutter: Körpergröße	10,73	0,002	-	-
Mutter Rauchen	-	-	-	-
Vater: Körpergewicht	0,45	0,5058	-	-
Vater: Körpergröße	-	-	0,90	0,35
Vater: Bildung	0,89	0,3519	0,85	0,36
Familieneinkommen	4,21	(0,0468)	1,40	0,24
Geburtsgewicht				
<i>Lärmexposition</i>	1,02	0,32	0,09	0,76
Mutter: Alter	-	-	4,49	0,04
Mutter: Parität	0,29	0,60	0,80	0,76
Mutter Rauchen	-	-	3,98	(0,05)
Mutter: Körpergewicht	2,44	0,13	4,05	(0,05)
Mutter: Körpergröße	-	-	-	-
Vater: Körpergewicht	0,63	0,43	-	-
Vater: Körpergröße	-	-	-	-
Vater: Bildung	2,53	0,12	-	-
Familieneinkommen	0,81	0,37	-	-

Fettdruck: Assoziation signifikant

In Tab. 67 sind die Ergebnisse der F-Tests zusammengefasst. Die höchsten Ergebnisse der F-Tests ergaben sich bei der Schwangerschaftsdauer der neugeborenen Mädchen und der Lärmbelastung bzw. der Körpergröße der Mutter sowie dem Familieneinkommen, alle anderen Tests bei Mädchen - auch zum Geburtsgewicht - waren nicht signifikant. Bei den neugeborenen Jungen ergaben sich die höchsten F-Tests für Alter und Gewicht der Mutter sowie Rauchen der Mutter, grenzwertig signifikant.

Schlussfolgerung der Autoren: Sie stellen – nach Berücksichtigung weiterer Einflussfaktoren - geringe und nur teilweise signifikante Zusammenhänge zwischen Fluglärmbelastung und der Schwangerschaftsdauer und dem Geburtsgewicht fest und diskutieren die Gründe für die unerwartet niedrigen Assoziationen. Als eine Ursache wird die geringe Teilnehmerzahl genannt, weitere könnten in einer nicht exakten Zuordnung der Fluglärmbelastung gesehen werden. Darüber hinaus wird diskutiert ob die Maximalpegel bei Starts und Landungen (wie getestet) die wesentlichen Einflussfaktoren sein können, oder ob nicht vielmehr die Dauerbelastung oder auch die Häufigkeit der Überflüge mit Berücksichtigung finden sollten. Möglicherweise wurde auch ein Bias dadurch erhalten, dass die Körpergewichte- und -längen der Eltern nur erfragt und nicht gemessen wurden. Eventuell habe auch das gewählte statistische Verfahren, das eine lineare Beziehung annimmt, existierende kleine Unterschiede „verwischt“.

Schell LM, Norelli RJ. Airport noise exposure and the postnatal growth of children. Am J Phys Anthropol (1983) 61: 473-82

Fragestellung: Einfluss Fluglärmbelastung auf Wachstum von Kindern.

Methode: 250 Kinder, 5-13 Jahre alt; 148 wohnten in einer Ortschaft mit Fluglärm, 102 in einer Ortschaft ohne Fluglärm (aus abstract keine genaueren Angaben zur Expositionsbestimmung); 10 Standardkörpermessungen entsprechend dem US-Gesundheits-Survey, zusätzlich Erfassung bestimmter sozialer und biologischer Charakteristika (im abstract nicht genau erläutert, welche), T-Tests zwischen den unterschiedlich fluglärmbelasteten Gruppen.

Ergebnisse: Kein Unterschied in den sozialen und biologischen Charakteristika; anthropometrische Daten der Eltern und der Kinder unterschieden sich zwischen den Belastungsgruppen; fluglärm-belastete Kinder waren kleiner (body bulk) und hatten breitere Gesichter (larger facial breadths). In der multiplen linearen Regression über den gesamten Lärmbelastungsbereich war Fluglärmbelastung nur ein Prädiktor für Hautfettfaldendicke des Triceps und unter dem Schulterblatt bei Jungen, nicht bei Mädchen.

Die Autoren kamen zur Schlussfolgerung: Zusammengefaßt zeigen drei Analyseverfahren zwar einige Hinweise auf einen geringen Effekt von Fluglärm auf den Körperbau (Größe, Gewicht) von Jungen, aber die meisten Messdaten des Wachstums waren sowohl bei Jungen als auch bei Mädchen nicht vom Fluglärm beeinflusst (unaffected).

Schell LM, Hodges DC. Longitudinal study of growth status and airport noise exposure. Am J Phys Anthropol (1985) 66: 383-9

Fragestellung: Einfluss Fluglärmbelastung auf Wachstum von Kindern.

Methode: 102 fluglärmexponierte Kinder, 6-11 Jahre, im Vergleich mit 94 Kindern ohne Fluglärmbelastung; deren Geburtsgewicht wurde nach Geschlecht und Parität (parity) standardisiert; weiteres Wachstum der Kinder wurde auch nach Geschlecht standardisiert.

Expositionsabschätzung: Adressgenau geschätzte Fluglärmkarten für startende Flugzeuge (Höhe der Belastung wird im abstract nicht mitgeteilt).

Ergebnisse: Nach Adjustierung für Confounder (im Abstract wird nicht mitgeteilt, welche) hatten die fluglärmexponierten Kinder im Mittel ein etwas geringeres Längen- und Gewichtswachstum als die nicht exponierten Kinder (sign.); in der multiplen Regression konnten jedoch keine Zusammenhänge zwischen Fluglärmbelastung und Längen- und Gewichtswachstum gefunden werden. Dieses Ergebnis stimmt nicht mit dem ersten der Unterschiede zwischen den Kommunen überein und legt die Vermutung nahe, dass die Unterschiede nicht durch den Unterschied in der Fluglärmbelastung bedingt sind.

Die Autoren schlussfolgerten, dass die moderate bis schwere Fluglärmbelastung (moderate to severe), denen die Kinder in ihrem Wohngebiet ausgesetzt waren, das Wachstum im Kindesalter nicht negativ beeinflusste.

Schreckenbergs D, Meis M. Belästigung durch Fluglärm im Umfeld des Frankfurter Flughafens. Im Auftrag des Regionalen Dialogforums (2006)

Fragestellung: Fluglärm und Belästigung, Lebensqualität, subjektive Gesundheit, Schlafqualität, Wohn- und Umweltqualität.

Methode:

Geschichtete Zufallsstichprobe aus 66 Wohngebieten im Umfeld des Frankfurter Flughafens mit Fluglärmbelastung $L_{eq3, tag} = 40-65$ dB(A), ausgewählt anhand akustischer und sozialwissenschaftlicher Kriterien; Erwachsene > 16 Jahre; 2312 Teilnehmer (Response nach stichprobeneutralen Ausfällen 61%).

45 min Interview, 30seitiger Fragebogen inklusive etablierter Frageinstrumente wie SF12, SF36 Skalen für gesundheitsbezogene Lebensqualität, Giessener Beschwerdebogen, Pittsburger Schlaf-Qualitäts-Index etc.

Erhebung soziodemographischer Faktoren Alter, Geschlecht, Schulbildung, Beruf, Einkommen etc.

Expositionsabschätzung: Für jede Wohnung erfolgte die Berechnung der Fluglärmbelastung anhand der Fluglärmkurven (zusätzlich wurden andere Verkehrslärmquellen erhoben).

Ergebnisse zur Frage der Fluglärmbelastung:

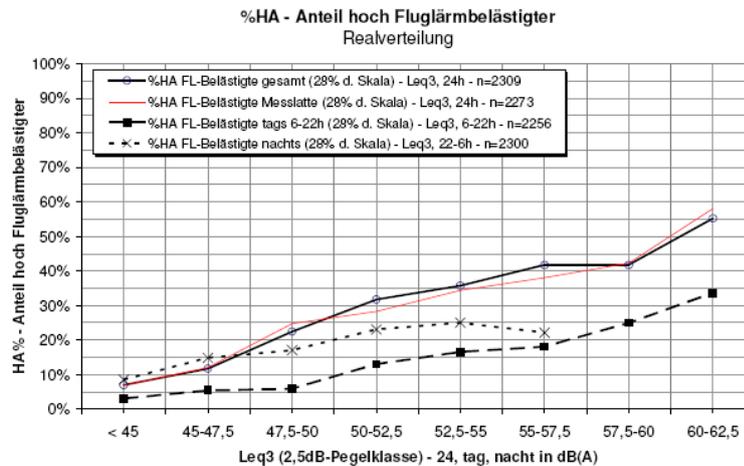
Die Untersuchungsteilnehmer im Umfeld des Frankfurter Flughafens klagten signifikant häufiger über eine Belästigung durch Fluglärm als die Bewohner ganz Hessens oder der Bundesrepublik: 64%, 23 % bzw. 12 % klagten über mittelmäßige bis starke Fluglärmbelastung (Tab. 68).

Tab. 68 Fluglärmstudie Frankfurt – Erwachsene – Belästigung (Schreckenbergs und Meis, 2006)

Lärmbelastung	1	2	3	4	5	3-5	4-5
	Überhaupt nicht %	Etwas %	Mittelmäßig %	Stark %	Äußerst %	Mittelm. bis äußerst %	Stark-äußerst „Hoch“ %
Umfeld Flughafen Ffm							
Allgemeine Lärmbelastung	15	26	30	21	7		
Fluglärmbelastung	16	20	23	23	18	64	51
Hessen							
Allgemeine Lärmbelastung	41	31	17	8	3		
Fluglärmbelastung	59	18	10	7	5	23	12
Bundesrepublik Deutschland							
Allgemeine Lärmbelastung	38	35	19	6	2		
Fluglärmbelastung	68	20	8	3	1	12	4

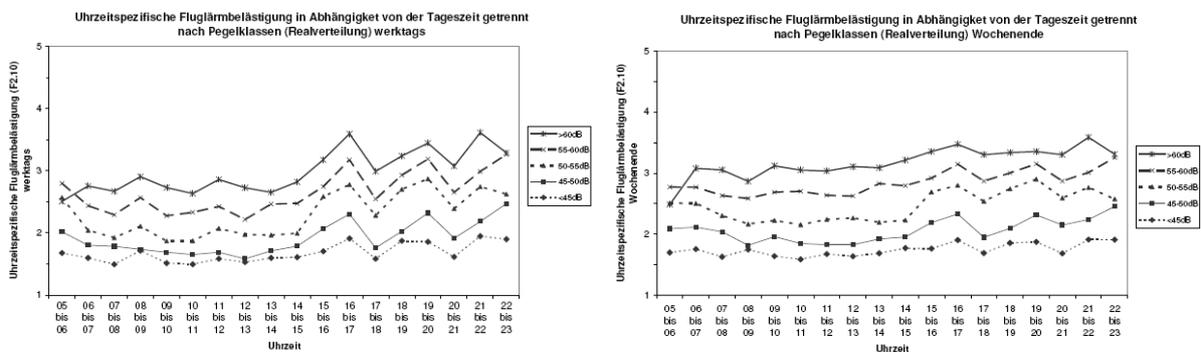
Die Fluglärmbelastung nahm mit zunehmender Fluglärmbelastung zu (Abb. 47), dies traf für alle gewählten Lärmmaße zu; die engste Assoziation bestand zu dem Mittelungspegel L_{eq3} . Insgesamt lag die Fluglärmbelastung in den Abendstunden höher als während des Tages, ab 52 dB(A) auch höher als die Belästigung durch gleiche Fluglärmbelastung in der Nacht. Ein Anteil von 25 % Hochbelästigten wurde ab 57,5 dB(A) tagsüber und ab 52,5-55 dB(A) in den Abend- und Nachstunden gesehen (Realverteilung).

Abb. 47 Fluglärmstudie Frankfurt – Erwachsene - Anteil hoch Fluglärmbelästigter in Abhängigkeit vom Leq3 berechnet nach dem 100/100-Verfahren Realverteilung (Schreckenberg und Meis 2006)



Bei gleichem Lärmpegel war die Belästigung durch Fluglärm in den Tagesrandstunden sowie in den frühen Nachmittagsstunden höher als im Tagesmittel; an Wochenenden wurde generell über den ganzen Tag über eine höhere Belästigung berichtet als unter der Woche (Abb. 48).

Abb. 48 Fluglärmstudie Frankfurt – Erwachsene – Belästigung – Tagesgang an Werktagen (links) und an Wochenenden (rechts) (Schreckenberg und Meis 2006)



Weitere Einflussfaktoren auf die angegebene Belästigung durch Fluglärm waren

- Alter (Erwachsene mittleren Alters waren belästigter als Jüngere und Ältere)
- Geschlecht (Frauen waren geringfügig belästigter als Männer)
- Sozialschicht (Angehörige der Oberschicht waren belästigter als Angehörige der Mittel- und Unterschicht)

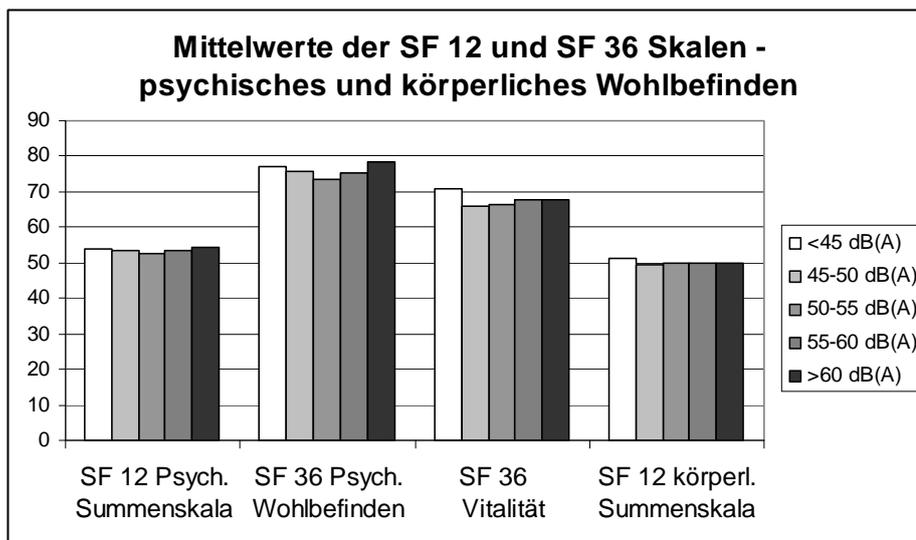
Die Ergebnisse wurden mit den Daten aus 11 zwischen 1991 und 2002 in verschiedenen Ländern durchgeführten Studien (van Kamp und van Kempen, 2005) verglichen. Mit Ausnahme von Belästigungsdaten aus einer schweizerischen und britischen Studie liegen alle übrigen Daten einschließlich der Daten aus der Fluglärmbelästigungsstudie im Umfeld des Frankfurter Flughafens über der in einer Meta-Analyse erstellten Dosis-Wirkungs-Kurve, der EU-Kurve (2002), die allerdings auf Daten aus dem Untersuchungszeitraum 1965-1992 beruht. Insgesamt lagen die Angaben zur

Belästigung bei Anwohnern des Frankfurter Flughafens damit in dem aus den neueren Studien erwarteten Bereich (s.Abb. 2).

Ergebnisse zur subjektiven Gesundheit / gesundheitsbezogenen Lebensqualität

Die gesundheitsbezogene Lebensqualität wurde mit dem SF-36 Fragebogen erfasst, einem weltweit etablierten Messinstrument, das mit relativ geringem Aufwand gute und valide Ergebnisse liefern kann. Die Ergebnisse werden in 8 Subskalen und zuletzt in einer körperlichen und einer psychischen Summenskala zusammengefasst. Die erhaltenen Daten können mit Daten von Vergleichspopulationen verglichen werden. Bei allen erfragten psychischen Bereichen der Lebensqualität wurden im Umfeld des Flughafens Frankfurt „normgerechte“ Werte erhalten, d.h. die Lebensqualität war nicht unterschieden von der in anderen Studien gefundenen Lebensqualität. Bei den Subskalen Vitalität und psychisches Wohlbefinden zeigte sich ein Trend zu leichter Verschlechterung der Lebensqualität in den mittleren Pegelstufen bis 60-55 dB(A), eine 50-55 dB(A)-Senke. Demgegenüber waren keine Zusammenhänge zwischen Fluglärmbelastung und körperlicher Summenskala erkennbar (Abb. 49).

Abb. 49 Fluglärmstudie Frankfurt – Erwachsene – psychisches und körperliches Wohlbefinden in Abhängigkeit von der Fluglärmbelastung (Schreckenberg und Meis 2006)



Die Angaben zur gesundheitsbezogenen Lebensqualität waren signifikant mit der Fluglärmbelastung assoziiert (schlechtere Lebensqualität bei zunehmender Fluglärmbelastung), zeigten aber keine Assoziationen mit der Fluglärmbelastung, unabhängig von der Tageszeit (Tag oder Nacht) und dem gewählten Lärm-Berechnungsverfahren (Realverteilung vs. 100/100 Regel) (Tab. 69).

Tab. 69 Fluglärmstudie Frankfurt – Erwachsene - Gesundheitsbezogene Lebensqualität in Abhängigkeit von der Fluglärmbelastung und der Fluglärmbelastung – Korrelationen (Schreckenberg und Meis, 2006)

Beschwerdeskalen (Teilnehmer 2254)	Fluglärm- belastung	L _{eq3} 6-22 h (RV)	L _{eq3} 22-6 h (RV)	L _{eq3} 6-22 h (100/100)	L _{eq3} 22-6 h (100/100)
SF 12 Psychische Summenskala	-0,162***	0,006	0,025	0,022	0,035
SF 36 Psychisches Wohlbefinden	-0,189***	-0,007	0,018	0,008	0,031
SF 36 Vitalität	-0,230***	-0,023	0,019	-0,016	0,020
SF 12 körperliche Summenskala	-0,111***	-0,019	0,019	-0,025	0,012

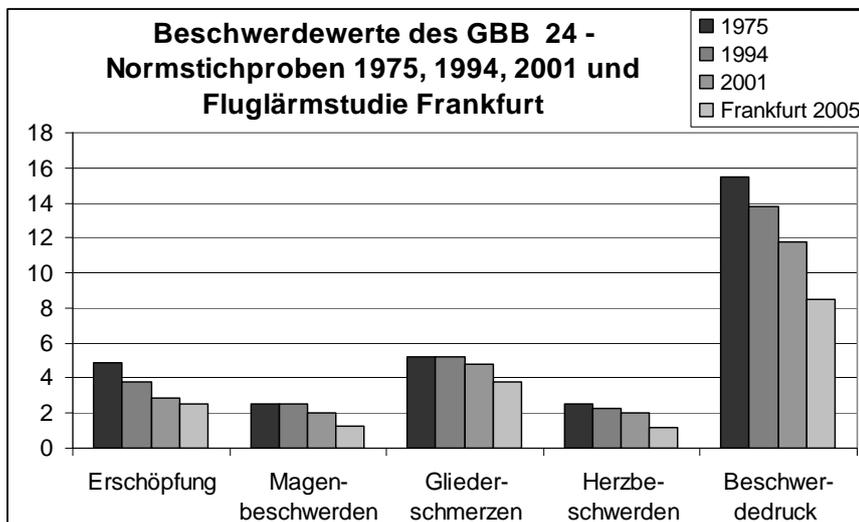
Ergebnisse zu Gesundheitsbeschwerden (Giessener Beschwerdebogen)

Gesundheitsbeschwerden wurden mit der Kurzform des Giessener Beschwerdeboogens (GBB-24) erfasst, der nicht primär als Symptomcheckliste verstanden werden darf, sondern der die subjektiv erlebten Beschwerden ermittelt. Die 24 Fragen werden in vier Skalen zu je 6 Items zusammengefasst, wobei jedes Item mit einer 5-stufigen Antwortskala zu beantworten ist (0= nie; 1=kaum; 2=einigermaßen; 3=erheblich; 4=stark), sodass die Skalen Summenscores von 0-24 und der Gesamtbeschwerdedruck von 0-96 variieren kann.

Giessener Beschwerdebogen (GBB 24) Skalen und Items	
Giessener Beschwerdebogen (GBB 24)	
Skala 1 Erschöpfung	Skala 2 Magenbeschwerden
Schwächegefühl	Völlegefühl
Schlafbedürfnis	Erbrechen
Erschöpfbarkeit	Übelkeit
Müdigkeit	Aufstoßen
Benommenheit	Sodbrennen
Mattigkeit	Magenschmerzen
Skala 3 Gliederschmerzen	Skala 4 Herzbeschwerden
Gliederschmerzen	Herzklopfen
Rückenschmerzen	Schwindelgefühl
Nackenschmerzen	Kloßgefühl im Hals
Kopfschmerzen	Stiche in der Brust
Müdigkeit in den Beinen	Atemnot
Druckgefühl im Kopf	Herzbeschwerden

Die im Umfeld des Frankfurter Flughafens 2005 erhaltenen Ergebnisse können mit drei Normstichproben aus Deutschland aus den Jahren 1975, 1994 und 2001 verglichen werden (Abb. 50). In der Abbildung ist erkennbar, dass bei allen Beschwerdegruppen und beim Beschwerdedruck gesamt zwischen 1975 und 2001 eine Abnahme zu verzeichnen war; diese setzt sich offenbar auch bis 2005 fort – bei den Anwohnern des Frankfurter Flughafens. D.h. sowohl bei den einzelnen Bereichen als auch beim Gesamtbeschwerdedruck schneiden die Teilnehmer im Umfeld des Flughafens Frankfurt besser ab als die Teilnehmer der letzten Normstichprobe(n).

Abb. 50 Fluglärmstudie Frankfurt – Erwachsene – Ergebnisse des Giessener Beschwerdeboogens im Vergleich mit Normstichproben 1975-2001 (Schreckenbergs und Meis 2006)



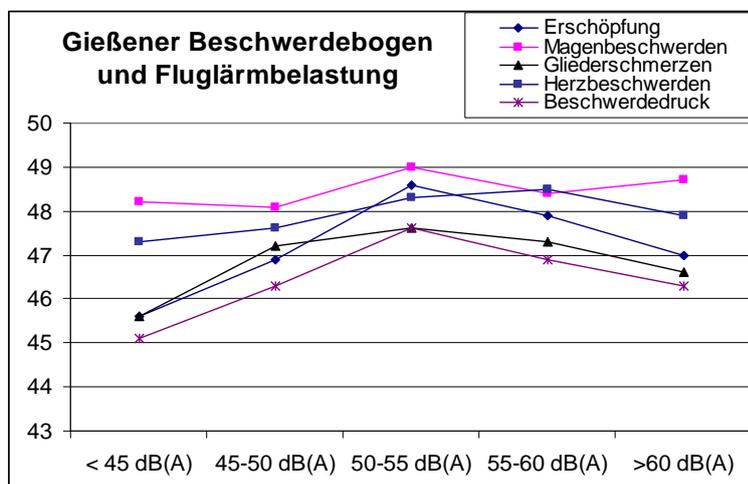
Im Weiteren wurden die Ergebnisse, zusammengefasst nach den Skalen Erschöpfung, Magenbeschwerden, Gliederschmerzen, Herzbeschwerden und Gesamtbeschwerdedruck im Hinblick auf die Fluglärmbelastung am Tage (Tab. 70) bzw. zu einzelnen Tageszeiten und zur Fluglärmbelastung (Tab. 71) ausgewertet. Die Ergebnisse der letzten Normstichprobe wurden jeweils als $50 \pm 10\%$ gesetzt und die jetzt erhaltenen Ergebnisse damit verglichen. Werte über 50 deuten dann an, dass mehr Beschwerden als in der Normstichprobe angegeben wurden, wohingegen ein Wert unter 50 % darauf hinweist, dass die Werte besser als die Norm sind. In allen Fluglärmbelastungsgruppen liegen alle Werte unter 50 %, d.h. der Druck einzelner Beschwerdegruppen und der Gesamtbeschwerdedruck ist in allen Lärmbelastungsklassen geringer als in der Normstichprobe (Tab. 70).

Es fällt auf, dass der Beschwerdedruck bei geringerer Lärmbelastung deutlich geringer ist, mit zunehmender Fluglärmbelastung bis 50-55 dB(A) – bei Herzbeschwerden bis 55-60 dB(A) zunimmt, aber bei noch höherer Lärmbelastung wieder weniger Beschwerden angegeben werden. D.h. es gibt ein Maximum der Beschwerden bei einer Fluglärmbelastung von 50-55 dB(A), bei niedrigerer und bei höherer Lärmbelastung werden weniger Beschwerden angegeben (Abb. 51).

Tab. 70 Fluglärmstudie Frankfurt – Erwachsene – gesundheitliche Beschwerden nach Giesseiner Beschwerdebogen in Abhängigkeit von der Fluglärmbelastung (Schreckenbergs und Meis 2006)

Fluglärmpegel Leq3, 6-22h; 100/100Regel	Teilnehmer N	Er- schöpfung %	Magen- Beschwerden %	Glieder- schmerzen %	Herzbe- schwerden %	Beschwerde- druck %
	<i>Norm</i>	<i>50±10</i>	<i>50±10</i>	<i>50±10</i>	<i>50±10</i>	<i>50±10</i>
< 45 dB(A)	242	45,6±8,5	48,2±7,6	45,6±9,0	47,3±7,1	45,1±8,9
45-50 dB(A)	504	46,9±9,9	48,1±7,4	47,2±9,6	47,6±7,6	46,3±9,4
50-55 dB(A)	482	48,6±9,8	49,0±7,9	47,6±9,9	48,3±7,8	47,6±9,6
55-60 dB(A)	507	47,9±9,5	48,4±7,7	47,3±10,1	48,5±8,2	46,9±10,0
>60 dB(A)	522	47,0±9,4	48,7±7,6	46,6±9,6	47,9±7,7	46,3±9,5
Gesamt	2257	47,4±9,6	48,5±7,7	47,0±9,7	48,0±7,8	46,6±9,6

Abb. 51 Fluglärmstudie Frankfurt – Erwachsene – gesundheitliche Beschwerden, entspr. Giesseiner Beschwerdebogen in Abhängigkeit von der Fluglärmbelastung (Schreckenbergs und Meis 2006)



Wie schon bei der gesundheitsbezogenen Lebensqualität zeigten sich signifikante Assoziationen zwischen den verschiedenen Beschwerdekplexen und dem Gesamtbeschwerdedruck und der angegebenen Fluglärmelastigung, nicht aber zu der Fluglärmelastigung, unabhängig von der Tageszeit (Tag oder Nacht) und dem gewählten Lärm-Berechnungsverfahren (Realverteilung vs. 100/100 Regel) (Tab. 71).

Tab. 71 Fluglärmstudie Frankfurt – Erwachsene – Gesundheitsbeschwerden in Abhängigkeit von der Fluglärmelastigung und der Fluglärmelastigung – Korrelationen (Schreckenbergs und Meis 2006)

Beschwerdeskalen (Teilnehmer 2254)	Fluglärm- elastigung	L _{eq3} 6-22 h (RV)	L _{eq3} 22-6 h (RV)	L _{eq3} 6-22 h (100/100)	L _{eq3} 22-6 h (100/100)
Erschöpfung	0,247***	0,027	-0,027	0,031	-0,013
Magenbeschwerden	0,125***	0,000	-0,048	0,009	-0,035
Gliederschmerzen	0,155***	-0,007	-0,026	-0,001	-0,016
Herzbeschwerden	0,180***	0,014	-0,018	0,013	-0,012
Gesamtbeschwerden	0,212***	0,006	-0,036	0,013	-0,022

*** sign p<0,001

Subjektive Schlafqualität

Die subjektive Schlafqualität der Teilnehmer wurde mit dem Pittsburger Schlaf-Qualitäts-Index PSQI erfasst. Dieser international bekannte und etablierte Fragebogen erfragt retrospektiv für einen Zeitraum von vier Wochen die Häufigkeit schlafstorender Ereignisse, die Einschätzung der Schlafqualität, die gewöhnlichen Schlafzeiten, Einschlaf latenz, Schlafdauer, die Einnahme von Schlafmitteln sowie die Tagesmüdigkeit. Er ist in 7 Skalen eingeteilt, die jeweils mit 0-3 Punkte (0= symptomfrei, 3= dreimal oder häufiger, d.h. sehr schlecht) bewertet werden; der Gesamtwert kann also zwischen 0 und 21 Punkte erreichen.

Die Fragen wurden zu 7 Komponenten zusammengefasst: K1 Subjektive Schlafqualität, K2 Schlaf latenz, K3 Schlafdauer, K4 Schlaf effizienz, K5 Schlafstörungen, K6 Schlafmittelkonsum, K7 Tagesmüdigkeit und ein Gesamtwert PSQI durch Addition berechnet. Im Gegensatz zum Giessener Beschwerdebogen liegen hier keine Vergleichswerte von Normstichproben vor, aber die Ergebnisse können mit einer repräsentativen Untersuchung im deutschen Sprachraum mit 1049 Teilnehmern (Zeitlhofer et al., 2000) verglichen werden. Ein empirisch bestimmter cut off Wert (Schnittwert) von 5 erlaubt die Trennung von „guten“ und „schlechten“ Schlafnern. In der Studie von Zeitlhofer et al. (2000) wurden so 32 % als schlafgestört eingestuft, in der Fluglärmstudie Frankfurt waren es 23 %. D.h. es gab keinen Hinweis auf mehr Schlafstörungen als in der vorliegenden Vergleichsstudie.

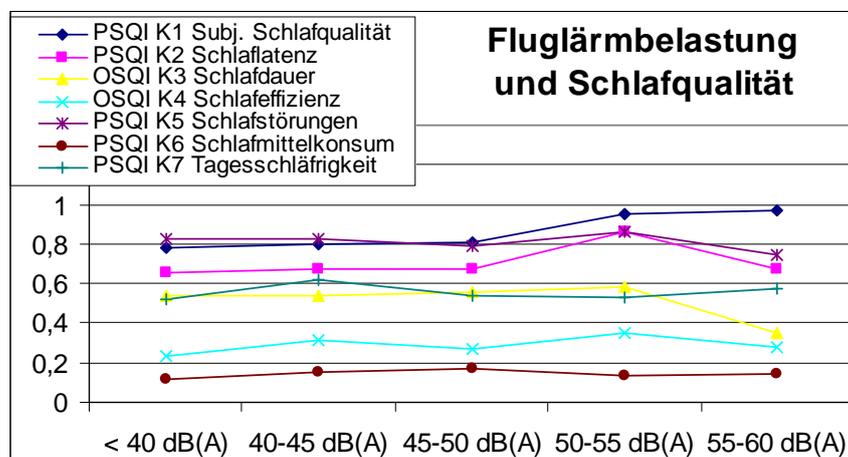
Mit zunehmender Larmelastigung wurde eine schlechtere subjektive Schlafqualität angegeben (höhere Zahl, schlechtere Qualität), in der am stärksten lärmbelasteten Gruppe wurde die schlechteste subjektive Schlafqualität erhalten. Demgegenüber wurden nicht in der höchstbelasteten Gruppe, sondern in der Gruppe mit nächtlicher Larmelastigung von 50-55 dB(A) die ungünstigsten Werte für den Gesamtwert des Pittsburger Schlafqualitätsindex und der Untergruppen Schlaf latenz, Schlafdauer, Schlaf effizienz, Schlafstörungen erhalten. Die Tagesschlaf rigkeit wurden am schlechtesten von Anwohnern mit einer Fluglärmelastigung von 40-45 dB(A) berichtet, mit besseren Ergebnissen bei

niedrigerer und höherer Fluglärmbelastung. Der Schlafmittelkonsum war am höchsten in der Fluglärmgruppe mit 45-50 dB(A) und geringer in den niedriger und höher belasteten Gruppen (Tab. 72; die jeweiligen maximalen Mittelwerte sind fett gedruckt; Abb. 52).

Tab. 72 Fluglärmstudie Frankfurt – Erwachsene – Subjektive Schlafqualität entspr. Pittsburger Schlafqualitäts-Index in Abhängigkeit von der Fluglärmbelastung (Mittelwerte) (Schreckenberg und Meis 2006)

Fluglärm- pegel Leq3, 22-6 h; 100/100Reg el	PSQI gesamt	PSQI K1 Subj. Schlaf- qualität	PSQI K2 Schlaf- latenz	OSQI K3 Schlaf- dauer	OSQI K4 Schlaf- effizienz	PSQI K5 Schlaf- störunge n	PSQI K6 Schlafmittel konsum	PSQI K7 Tages- schläfrig- keit
< 40 dB(A)	3,65	0,782	0,657	0,535	0,232	0,822	0,113	0,517
40-45 dB(A)	3,86	0,800	0,673	0,540	0,311	0,829	0,149	0,615
45-50 dB(A)	3,72	0,807	0,672	0,553	0,270	0,790	0,168	0,54
50-55 dB(A)	4,20	0,954	0,866	0,585	0,354	0,859	0,133	0,528
55-60 dB(A)	3,63	0,965	0,670	0,353	0,275	0,742	0,142	0,571
Gesamt	3,85	0,848	0,714	0,536	0,296	0,819	0,143	0,56

Abb. 52 Fluglärmstudie Frankfurt – Erwachsene – Subjektive Schlafqualität entspr. Pittsburger Schlafqualitäts-Index in Abhängigkeit von der Fluglärmbelastung (Mittelwerte) (Schreckenberg und Meis 2006)



Insgesamt wurde über alle Pegelklassen ein Mittelwert für die Schlafqualität von $3,9 \pm 3,0$ erhalten, der keine statistische Assoziation zum Schallpegel aufweist. Einflussfaktoren auf die Schlafqualität sind – nach Literatur - Alter und Geschlecht. Dies konnte auch in dieser Untersuchung bestätigt werden, mit zunehmendem Alter wurde über eine signifikant schlechtere Schlafqualität berichtet, Frauen gaben eine (nicht signifikant) schlechtere Schlafqualität an. Als weiterer Einflussfaktor wurden die mit dem geplanten Flughafenausbau verbundenen Erwartungen/Befürchtungen erhalten: Personen, die eine Verschlechterung der Situation durch den Flughafenausbau erwarten, gaben bei stärkerer nächtlicher Fluglärmbelastung eine (nicht signifikant) schlechtere Schlafqualität an.

In Tab. 73 sind die Odds-Ratio Berechnungen für das Risiko Schlafgestörtheit (≥5 Punkte) aufgeführt. Demnach nimmt das Risiko der Schlafgestörtheit bis 55 dB(A) nächtlicher Fluglärmbelastung zu und bei höherer Fluglärmbelastung wieder ab. Im Vergleich mit Menschen mit einer Fluglärmbelastung < 40 dB(A) im Wohnumfeld ist das Risiko für eine Schlafgestörtheit bei 50-55 dB(A) signifikant um > 50 % erhöht.

Tab. 73 Fluglärmstudie Frankfurt – Erwachsene – Schlafgestörtheit und nächtliche Fluglärmbelastung –Odds-Ratios (Schreckenbergs und Meis, 2006)

Nächtlicher Fluglärmpegel	< 40 dB(A)	40-45 dB(A)	45-50 dB(A)	50-55 dB(A)	> 55 dB(A)
Schlafgestörtheit	1	1,131 (0,804-1,591)	1,174 (0,807-1,707)	1,588 (1,112-2,269)	0,992 (0,623-1,580)

Die Autoren kamen zu folgenden Schlussfolgerungen: "Die Anwohner im Rhein-Main-Gebiet weisen im Vergleich zur Bevölkerung Hessens und auch im Bundesvergleich eine **höhere Lärmbelastung** auf. Diese wird maßgeblich bestimmt durch die Fluglärmbelastung ... Der Mittelungspegel L_{eq3} steht in engster Beziehung zu den Belästigungs- und Störungsurteilen. ... Die durchschnittliche Fluglärmbelastung insgesamt liegt über der nächtlichen und diese oberhalb der Kurve der 16h-Tagesbelastung. ... Neben dem Lärmpegel (üben) einige nicht-akustische Faktoren zum Teil recht deutliche Effekte auf die aktuelle Lärmbelastung aus. Zu nennen sind: die individuelle Lärmempfindlichkeit, das Vertrauen in die für Fluglärminderung Verantwortlichen, die erwartete Veränderung der Wohnsituation im Zusammenhang mit dem geplanten Flughafenausbau sowie situative Effekte der Fensterstellung.

Bei der Gesamtsicht der Ergebnisse zur **gesundheitsbezogenen Lebensqualität** fällt zunächst auf, dass bei allen psychischen Bereichen der Lebensqualität normgerechte Werte erreicht wurden. Fluglärmwirkungen scheinen sich auf die globalen Maße der subjektiven Gesundheit wie der Lebensqualität nicht niederzuschlagen.

Die Effekte des Fluglärms auf die angegebenen **Beschwerden** sind als vergleichsweise schwach zu bezeichnen. Die größten Effekte durch Fluglärm sind zwischen den Pegelklassen < 45 dB(A) und 50-55 dB(A) $L_{aeq\ 6-22\ h, 3}$ aufgetreten. Dies war sowohl beim Gesamtwert „Beschwerdedruck“ und besonders bei der Skala „Erschöpfung“ nachzuweisen. So konnte das Ergebnismuster der **gesundheitsbezogenen Lebensqualität** bestätigt werden, dass zu den höheren Pegelgruppen (ab 60 dB(A)) keine Einbußen der Empfindlichkeit bzw. Effekte zu registrieren waren. ... Es wurden vergleichbare oder bessere Werte als in der Normstichprobe erzielt.

Die berichteten Effekte des Fluglärms auf die **subjektiv bewertete Schlafqualität** sind als eher schwach zu bewerten. Insgesamt wies die untersuchte Stichprobe bessere Werte auf, als die in entsprechenden Referenzuntersuchungen berichtet wurde. So wurde ein Mittelwert des PSQI Gesamtscore von 3,9 im Gegensatz zu einer repräsentativen österreichischen Vergleichsstichprobe (4,5) ermittelt. Auch konnten nur 23 % statt 32 % als schlafgestört zu klassifizierende Personen ermittelt werden. Pegelabhängigkeiten konnten nicht nachgewiesen werden“.

Stansfeld SA, Berglund B, Clark C, Lopez-Barrio I, Fischer P, Ohrstrom E, Haines MM, Head J, Hygge S, van Kamp I, Berry BF; RANCH study team. Aircraft and road traffic noise and children's cognition and health: a cross-national study. *Lancet* (2005) 365: 1908-9.

Clark C, Martin R, van Kempen E, Alfred T, Head J, Davies HW, Haines MM, Lopez Barrio I, Matheson M, Stansfeld SA. Exposure-effect relations between aircraft and road traffic noise exposure at school and reading comprehension: the RANCH project. *Am J Epidemiol* (2006) 163: 27-37. Epub 2005 Nov 23 <http://aje.oxfordjournals.org/cgi/reprint/163/1/27>

Fragestellung: Flug (und Straßen)-lärmbelastung und kognitive Fähigkeiten der Kinder.

Im Rahmen der multizentrischen **RANCH-Studie** (Road traffic and aircraft noise exposure and children's cognition and health: exposure-effect relationships and combined effects) wurden in den Jahren 2001-2003 insgesamt 2844 Kinder im Alter von 9-10 Jahren aus 89 Schulen im Umfeld der Flughäfen London Heathrow, Amsterdam Schiphol, Madrid Barajas untersucht. In jedem Land wurden Schulen „gematcht“ nach sozioökonomischem Status ausgesucht. In England und Spanien wurden dabei die Kriterien kostenlose Schulspeisung und Landessprache als Muttersprache gewählt, in Holland wurde der Armutsanteil und der Anteil Nicht-Europäer im Wohnumfeld genutzt.

In allen drei Ländern wurde die Fluglärmbelastung - Äquivalenzpegel 7-23 Uhr dB(A) - an den Schulen den nationalen Fluglärmkarten entnommen. In Amsterdam wurde darüber hinaus die Straßenlärmbelastung mittels Modellrechnungen errechnet, in London und Madrid wurden zusätzlich zu den Modellrechnungen auch Messungen im Außenbereich der Schulen vorgenommen.

Folgende Untersuchungsmethoden wurden angewandt:

- **Leseverständnis:** standardisierte nationale Tests; England Suffolk Reading Scale (wie auch bei den Untersuchungen von Haines et al., 2001 a-c), Holland: CITO Lesetest mit 42 Items; Spanien Evaluación Comprensión Lectora, mit 27 Items;
- **Gedächtnis** (Kurz- und Langzeit, Abruf und Wiedererkennung)
- **Aufmerksamkeitstest** nach Toulouse Pieron
- Fragebögen nach selbst angegebenem **Gesundheitszustand, psychischer Gesundheit, Stress, Belästigung ...**

Als Confounder wurden betrachtet:

- o Alter der Kinder,
- o Beschäftigungsstatus der Eltern,
- o Wohnungsdichte (> 1,5 Personen/Zimmer in England und > 2 Personen/Zimmer in Holland und Spanien),
- o Wohnungseigentum,
- o chronische Krankheit des Kindes,
- o Muttersprache zu Hause; Bildungsstand der Mutter,
- o Unterstützung der Eltern bei den Schularbeiten der Kinder,
- o 1-3fach Verglasung der Fenster im Klassenraum.

Die Daten wurden nach 2 Modellen ausgewertet und adjustiert:

- Berücksichtigung von Alter und Geschlecht der Kinder, Land – und auch sozioökonomischer Status und Bildung der Mutter.
- Wie oben, aber darüber hinaus Berücksichtigung von chronischer Erkrankung des Kindes, Muttersprache in der Familie, elterliche Unterstützung bei den Schularbeiten der Kinder und Verglasung der Fenster im Klassenraum.

Ergebnisse:

Lärmbelastung: Die Fluglärmbelastung war im Mittel- und Maximalbereich in England und Holland vergleichbar, in Spanien war die mittlere Fluglärmbelastung an den untersuchten Schulen niedriger, die Maximalbelastung höher. In England wurde eine etwas niedrigere mittlere Straßenlärmbelastung im Vergleich mit Holland und Spanien festgestellt, während die maximale Straßenlärmbelastung in England und Holland vergleichbar und etwas unterhalb der Maximalbelastung in Spanien lag (Tab. 74). Die Fluglärmbelastung an den Wohnungen der Kindern war eng mit der Fluglärmbelastung an den Schulen korreliert; d.h. Kinder, die fluglärmbelastete Schulen besuchten, wohnten in der Regel auch in fluglärmbelasteten Wohnungen (Abb. 53).

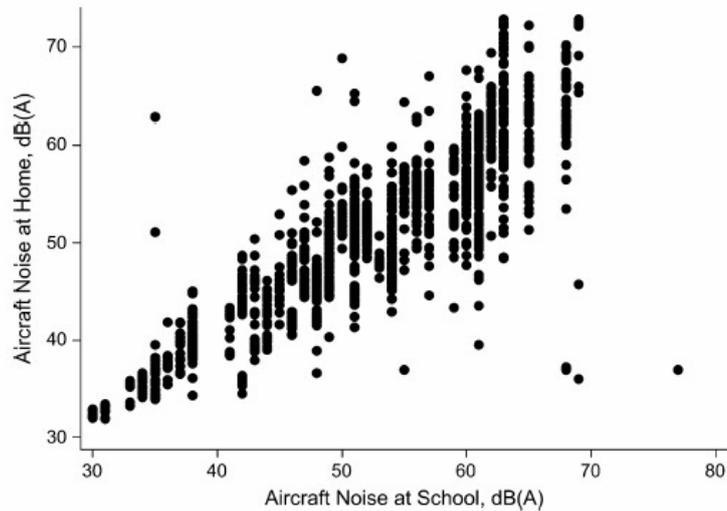
Weitere Einflussvariablen: In Spanien hatten zwei Drittel der Fenster der Klassenräume Einfach- und ein Drittel Doppelverglasung; in England war das Verhältnis etwa 60 zu 40 %. In Holland waren jeweils über 40 % der Fenster einfach- und doppelverglast und mehr als 10 % der Klassenräume wiesen eine Dreifachverglasung auf (Tab. 74).

In England waren mehr als 20 % der Eltern arbeitslos, damit lag die Arbeitslosenrate mehr als doppelt so hoch wie bei den Eltern der Teilnehmer in den anderen Ländern. Auch die Rate des Wohnens zur Miete und anderer Muttersprache als der Landessprache war bei den Teilnehmern aus England deutlich höher als bei denen aus Holland und Spanien. Enge Wohnverhältnisse oder chronische Erkrankung der Kinder waren bei den Kindern aus England und Holland häufiger vorzufinden als bei den Kindern aus Spanien (Tab. 74).

Tab. 74 RANCH-Studie – Kinder - Teilnehmer, Basisdaten zum familiären Hintergrund, zur Lärmbelastung und zur Fensterausstattung der Schulen (Stansfeld et al. 2005)

		alle	England	Niederlande	Spanien
Kinder	N	2844	1174	762	908
Kinder response	%	89	87	92	88
Eltern	N	2276	960	658	658
Eltern response	%	80	82	86	72
Familiärer Hintergrund					
Arbeitslos	%	15	23	7	11
enge Wohnverhältnisse	%	21	23	31	9
Mietwohnung	%	28	42	19	15
Nicht Landessprache	%	12	22	7	2
chronische Erkrankung	%	24	26	27	19
Lärmbelastung					
Fluglärm (mittel)	dB(A) (16h)	52	52	54	43
Fluglärm (min-max)	dB(A)	30-77	34-68	41-68	30-77
Straßenlärm (mittel)	dB(A) (16h)	51	48	53	53
Straßenlärm (min-max)	dB(A)	32-71	37-67	32-66	43-71
Ausstattung der Schule					
Einfachverglasung	%	56,2	58,6	45,5	66,7
Doppelverglasung	%	39,3	41,4	42,2	33,3
Dreifachverglasung	%	4,5	0	12,1	0

Abb. 53 RANCH-Studie – Kinder - Fluglärmbelastung an der Schule und an der Wohnung (Stansfeld et al., 2005)



Ergebnisse: Mit zunehmender Fluglärmbelastung nahm die Belästigung der Kinder signifikant zu (Abb. 54, Tab. 75). Dabei zeigt sich, dass die Lärmbelästigung durch Fluglärm stärker empfunden wird als die durch Straßenlärm.

Abb. 54 RANCH-Studie - Fluglärmbelastung an der Schule und Belästigung (Stansfeld et al., 2005)

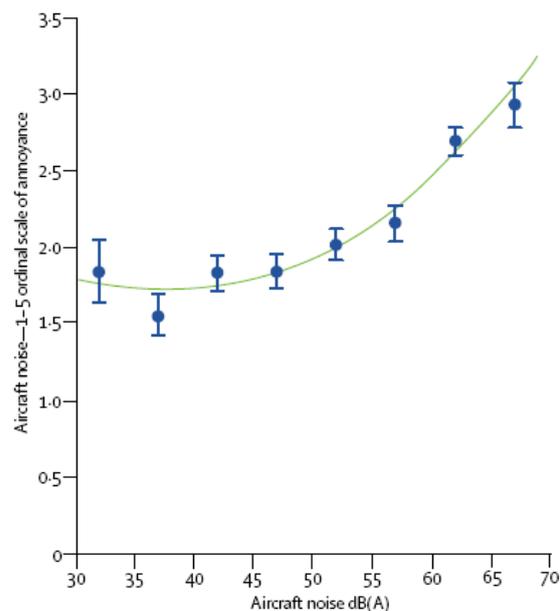
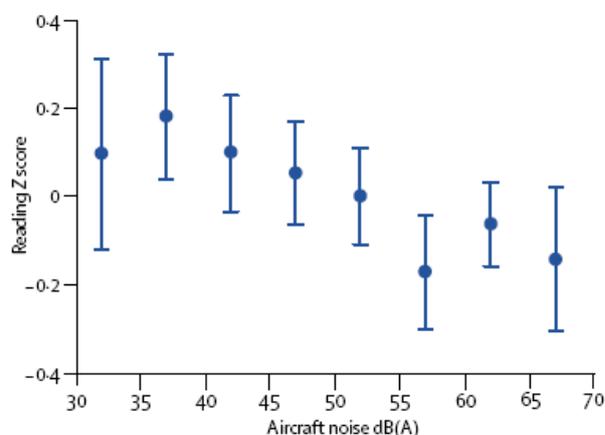


Abb. 55 RANCH-Studie – Kinder - Fluglärmbelastung an der Schule und Leseverständnis (Stansfeld et al., 2005)



Tab. 75 RANCH-Studie – Kinder - Zusammenhangsanalysen zwischen verschiedenen kognitiven Leistungen bei Kindern und Fluglärmbelastung (Stansfeld et al., 2005)

	n	Fluglärm (Modell 1)	Fluglärm (Modell 2)	p-Wert	Straßenlärm (Modell 1)	Straßenlärm (Modell 2)	p-Wert
		β	β		β	β	
Leseverständnis	2010	-0,009	-0,008	0,0097	0,003	0,002	0,5413
Gedächtnis - Wiedererkennung	1998	-0,021	-0,018	0,0141	0,006	0,005	0,6237
cued recall conceptual	1975	-0,006	-0,004	0,2684	0,013	0,013	0,0066
cued recall information	1974	-0,030	-0,022	0,1531	0,04	0,038	0,0489
prospective memory	1958	-0,015	-0,015	0,125	0,007	0,007	0,136
working memory	1938	-0,024	-0,021	0,3412	0,033	0,03	0,2742
Anhaltende Aufmerksamkeit	1938	-0,051	-0,037	0,7471	-0,02	-0,046	0,7499
Psychische Gesundheit (mental)	2014	0,015	0,013	0,3098	-0,012	-0,018	0,2747
Gesundheit nach Selbstangabe	1970	-0,001	-0,002	0,4345	0,005	0,005	0,0725
Lärmelästigung	1969	0,037	0,037	0,0001	0,017	0,016	0,0047

Modell 1: Adjustiert nach Alter, Geschlecht, Land –sozioökonomischem Status, Bildung der Mutter
 Modell 2: s.o. und darüber hinaus: Berücksichtigung chronischer Erkrankung des Kindes, Muttersprache in der Familie; elterliche Unterstützung bei den Schularbeiten der Kinder und Verglasung der Fenster im Klassenraum

Das **Leseverständnis** nahm gering – aber signifikant mit zunehmender Fluglärmbelastung an den Schulen ab; dieser Effekt blieb auch nach Korrektur für die verschiedenen betrachteten Einflussvariablen erhalten. Straßenlärm hingegen zeigte keine Auswirkung auf das Leseverständnis. Bei den überprüften Gedächtnisleistungen und bei der Frage anhaltende Aufmerksamkeit zeigte sich tendenziell eine Beeinträchtigung durch Fluglärm, allerdings war hier kein Parameter signifikant. Bei der Erhebung zur allgemeinen und zur psychischen Gesundheit konnte keine Auswirkung des Fluglärms festgestellt werden. Unerklärt blieb die signifikante Verbesserung bestimmter Gedächtnisleistungen (cued recall conceptual) bei zunehmendem Straßenlärm.

Die Autoren kamen nach den o.g. Ergebnissen zu folgenden Schlussfolgerungen

Stansfeld et al., 2005:

- **Flug- und Straßenlärm** waren signifikant assoziiert mit Belästigung (Fluglärm >> Straßenlärm) – nicht linear
- Es wurde eine lineare Dosis-Wirkung zw. **Fluglärm** und abnehmendem Leseverständnis und – in geringerem Maße - auch der Wiedererkennung (Gedächtnis) gefunden
- Keine Assoziation von **Fluglärm** mit episodic memory, information and conceptional recall, working and prospective memory oder Aufmerksamkeit
- Lineare Dosis-Wirkung zw. **Straßenlärm** und Verbesserung (!) des episodic memory, information and conceptional recall
- **Weder Flug- noch Straßenlärm** hatten einen Einfluss auf Aufmerksamkeit, selbst angegebene physische und psychische Gesundheit

Clark et al., 2006:

- Fluglärm an der Schule war negativ korreliert mit dem Leseverständnis (auch nach Kontrolle für sozioökonomische Faktoren)
- Fluglärm an den Schulen war hochsignifikant korreliert mit Fluglärm zu Hause
 - England $r=0,91$
 - Niederlande $r=0,93$
 - Spanien $r= 0,85$
- Zunehmender Fluglärm zu Hause war hochsignifikant assoziiert mit abnehmendem Leseverständnis.
- Es wurde keine zusätzliche Leistungsminderung durch Fluglärmbelastung zu Hause gefunden, nach Adjustierung für Fluglärmbelastung an der Schule.

Vallet M, Cohen JM, Mosnier A, Trucy D. Airport Noise and Epidemiological Study of Health Effects: a feasibility study. In Internoise 99, Proceedings Dec. 1999

Fragestellung: Fluglärmbelastung und Erkrankungen sowie Medikamentenkonsum bei Exponierten im Vergleich mit Nicht-Exponierten im Umfeld des Flughafens Paris Roissy. Machbarkeitsstudie.

Methode: Querschnittstudie in verschiedenen Wohngebieten Fall-Kontroll-Ansatz mit Fluglärmbelasteten und Nicht-Exponierten; es wurde darauf geachtet, dass die Fall- und Kontrollgruppen sich im Hinblick auf ihre soziodemographischen Faktoren (Alter, Geschlecht, Bildung, Einkommen etc.) gleichen. Sieben Ärzte wurden gebeten, ihren Patienten ausführliche Fragebögen zu Bildung, Einkommen, Wohnumfeld, Familienstand, Krankheitsgeschichte, Belästigung durch Fluglärm usw. zu geben und die Patienten dann im Rahmen eines Praxistermins körperlich zu untersuchen. 275 Teilnehmer lebten in der am höchsten fluglärmbelasteten Zone, 374 Teilnehmer waren nicht gegenüber Fluglärm exponiert. Es wurden logistische Regressionen und Odds-Ratio-Berechnungen durchgeführt.

Abschätzung der Fluglärmexposition anhand der nationalen Fluglärmkonturen berechneter Lärmindex an der Wohnung (Lärmindex indice psophique IP: $L_{max} + 10 \log N - 32$ (Maximaler Fluglärmpegel; N: tägliche Anzahl der Überflüge mit einem Nachtzuschlag, d.h. Flüge zwischen 22 und 6 Uhr wurden mit dem Faktor 10 multipliziert).

Ergebnisse: Die Exponierten und die Nicht-Exponierten unterschieden sich nicht im Hinblick auf Alter, Geschlecht, Einkommen, Bildung, Wohnen, Familienstand. 35 % der Fluglärmexponierten und 8 % der Nicht-Exponierten (15-25 km vom Flughafen entfernt) gaben an, sich durch Fluglärm belästigt zu fühlen. Die Fluglärmexponierten waren häufiger durch Fluglärm gestresst und geängstigt, sie gaben häufiger an, an Bauschmerzen und –krämpfen, Schweißanfällen und an starker Erschöpfung zu leiden. In den fluglärmexponierten Gebieten war ein signifikant höherer Verbrauch an Medikamenten für neuropsychiatrische Erkrankungen, Beruhigungsmitteln und Magenmitteln (Antazida) festzustellen (OR 1,48 bis 1,55). Es gab keinen Unterschied beim Gebrauch von Schmerzmitteln und Schlafmitteln; erstaunlicherweise wurde in den nicht fluglärmbelasteten Gebieten häufiger über Schlafstörungen geklagt als in der fluglärmbelasteten Region.

Die Fluglärmexponierten hatten im Vergleich mit den Nicht-Exponierten etwas häufiger einen hohen Blutdruck (43% vs. 31%, nicht sign.), waren häufiger arbeitsunfähig erkrankt (25% vs. 19% sign.) bzw. erhielten häufiger ärztliche Krankschreibungen (27% vs. 17%, sign.). Bei der Zusammenhangsanalyse mittels partieller Regression zeigten sich andere wichtige Einflussfaktoren, Alter (auf Blutdruck), Geschlecht (auf Schlafstörungen) doppelverglaste Fenster (Magenmittel), darüber hinaus zeigte sich, dass insbesondere die Verschreibung von Medikamenten stark vom jeweiligen Arzt abhängt.

Schlussfolgerung der Autoren: Es zeigten sich signifikante Effekte des Fluglärms auf Belästigung und das Erleben von Angst, ebenso auf die Einnahme von Medikamenten wegen neuro-psychiatrischer Probleme. Es war kein signifikanter Zusammenhang zwischen Fluglärmbelastung und Schlafstörungen und Bluthochdruck erkennbar. Diese Machbarkeitsstudie erlaubte die Identifizierung wichtiger Einflussfaktoren. Die Ergebnisse zeigen die Notwendigkeit einer gut kontrollierten, großen europäischen Studie.

Literaturverzeichnis

- Ando Y, Hattori H: Statistical Studies on the Effects of intense Noise during Human Fetal Life. *J Sound Vibration* (1973) 27: 101-110.
- Aydin Y und Kaltenbach M. Noise perception, heart rate and blood pressure in relation to aircraft noise in the vicinity of the Frankfurt airport. *Clin Res Cardiol* (2007) 96: 347-58.
- Babisch W. Transportation noise and cardiovascular risk: Updated review and synthesis of epidemiological studies indicate that the evidence has increased. *Noise Health* (2006) 8: 1-29.
- Babisch W. Transportation noise and cardiovascular risk: Review and synthesis of epidemiological studies. Dose-effect curve and risk estimation. *WaBoLu-Heft 01/06*. Umweltbundesamt, 2006
- Babisch W. Die NaRoMi-Studie (Noise and Risk of Myocardial Infarction) Auswertung, Bewertung und vertiefende Analysen zum Verkehrslärm. *WaBoLu-Heft 02/04*. Umweltbundesamt, 2004
- Basner M, Buess H, Elmenhorst D, Gerlich A, Luks N, Maaß H, Mawet L, Müller E-W, Müller U, Platz G, Quehl J, Samel A, Schulze M, Vejvoda M, Wenzel J: *Nachtfluglärmwirkungen Band 1 Zusammenfassung*: Hrsg: Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V., Köln, im April 2004.
- Basner M, Glatz C, Griefahn B, Penzel T, Samel A. Aircraft noise: Effects on macro- and microstructure of sleep. *Sleep Med.* (2008) 9:382-7.
- Basner M, Samel A, Isermann U: Aircraft noise effects on sleep: Application of the results of a large polysomnographic field study. *J Acoustic Soc Amer* (2006) 119: 2772-2784
- Basner M, Samel A. Nocturnal aircraft noise effects. *Noise Health* (2004) 6:83-93
- Bluhm G, Eriksson C, Hilding A, Östenson CG. Aircraft noise exposure and cardiovascular risk among men – First results from a study around Stockholm Arlanda Airport. 33rd Internat. Congress and Exposition on Noise Control Engineering. *Proceedingband*, Praque, 2004
- Bullinger M, Hygge S, Evans GW, Meis M, von Mackensen S. The psychological cost of aircraft noise for children. *Zentralbl Hyg Umweltmed* (1999) 202: 127-38
- Clark C, Martin R, van Kempen E, Alfred T, Head J, Davies HW, Haines MM, Lopez Barrio I, Matheson M, Stansfeld SA. Exposure-effect relations between aircraft and road traffic noise exposure at school and reading comprehension: the RANCH project. *Am J Epidemiol* (2006) 163: 27-37. Epub 2005 Nov 23 <http://aje.oxfordjournals.org/cgi/reprint/163/1/27>
- Cohen S, Evans GW, Krantz DS, Stokols D, Kelly S. Aircraft Noise and Children: Longitudinal and Cross-Sectional evidence on Adaptation to Noise and the Effectiveness of Noise Abatement. *J Personality and Social Psychology* (1981) 40: 331-345.
- Cohen S, Evans GW, Krantz DS, Stokols D. Physiological, motivational, and cognitive effects of aircraft noise on children: moving from the laboratory to the field. *Am Psychol* (1980) 35: 231-43
- Eiff AW, Finke H-O, Guski R, Hörmann H, Horbach L, Irlle M, Jansen G, Jörgens H, Martin R, Rohrmann B, Schürmer R, Schümer-Kohrs A. *Das Fluglärmprojekt der Deutschen Forschungsgemeinschaft. Eine interdisziplinäre Untersuchung über die Auswirkungen des Fluglärms auf den Menschen*. Harald Boldt Verlag KG, Boppard, 1974
- Eriksson C, Rosenlund M, Pershagen G, Hilding A, Ostenson CG, Bluhm G. Aircraft noise and incidence of hypertension. *Epidemiology.* (2007) 18: 716-21.
- Evans GW, Bullinger M, Hygge S: Chronic noise exposure and physiological response: a prospective Study of children living under environmental stress. *Psychol Science* (1998) 9: 75-77

Fidell S, Pearsons K, Tabachnick B, Howe R, Silvati L, Barber DS. Field study of noise induced sleep disturbance. *J Acoust Soc Amer* (1995) 98: 1025-1033

Fidell S, Pearsons K, Tabachnick BG, Howe R. Effects on sleep disturbance of changes in aircraft noise near three airports. *J Acoust Soc Am* (2000) 107: 2535-47

Franssen EA, van Wiechen CM, Nagelkerke NJ, Lebret E. Aircraft noise around a large international airport and its impact on general health and medication use. *Occup Environ Med* (2004) 61: 405-13

Franssen EAM, Lebret E, Staatsen BAM: Health impact Assessment Schiphol airport. 1999. RIVM Report 441520012

Franssen EAM; Staatsen BAM ; Lebret E Assessing health consequences in an environmental impact assessment. The case of Amsterdam Airport Schiphol. *Environ Impact Assess Rev* (2002); 22:633-53

Goto K, Kaneko T. Distribution of blood pressure data from people living near an airport. *J Sound Vibration* (2002) 250: 145-149.

Greiser E, Jahnsen K, Greiser C. Beeinträchtigung durch Fluglärm: Arzneimittelverbrauch als Indikator für gesundheitliche Beeinträchtigung. Umweltbundesamt 2006

Haines MM, Stansfeld SA, Brentnall S, Head J, Berry B, Jiggins M, Hygge S. The West London Schools Study: the effects of chronic aircraft noise exposure on child health. *Psychol Med* (2001c) 31: 1385-96

Haines MM, Stansfeld SA, Head J, Job RF. Multilevel modelling of aircraft noise on performance tests in schools around Heathrow Airport London. *J Epidemiol Community Health* (2002) 56: 139-44

Haines MM, Stansfeld SA, Job RF, Berglund B, Head J. A follow-up study of effects of chronic aircraft noise exposure on child stress responses and cognition. *Int J Epidemiol* (2001b) 30: 839-45
<http://ije.oxfordjournals.org/cgi/reprint/30/4/839>

Haines MM, Stansfeld SA, Job RF, Berglund B, Head J. Chronic aircraft noise exposure, stress responses, mental health and cognitive performance in school children. *Psychol Med* (2001a) 31: 265-77

Haralabidis AS, Dimakopoulou K, Vigna-Taglianti F, Giampaolo M, Borgini A, Dudley ML, Pershagen G, Bluhm G, Houthuijs D, Babisch W, Velonakis M, Katsouyanni K, Jarup L; HYENA Consortium. Acute effects of night-time noise exposure on blood pressure in populations living near airports. *Eur Heart J* (2008) 29: 658-64.

Health Council of the Netherlands. Public Health Impact of Large Airports. The Hague: Health Council of the Netherlands report 1999/14E (1999)

Hygge S, Evans GW, Bullinger M. A prospective study of some effects of aircraft noise on cognitive performance in schoolchildren. *Psychol Science* (2002) 13: 469-74

Jarup L, Babisch W, Houthuijs D, Pershagen G, Katsouyanni K, Cadum E, Dudley ML, Savigny P, Seiffert I, Swart W, Breugelmans O, Bluhm O, Selander J, Haralabidis A, Dimakopoulou K, Soutzi P, Velonakis M, Vigna-Taglianti F on behalf of the HYENA study team: Hypertension and Exposure to noise near airports: the HYENA study. *Environmental Health Perspectives* (2008) 116: 329-333.

Jarup L, Dudley ML, Babisch W, Houthuijs D, Swart W, Pershagen G, Bluhm G, Katsouyanni K, Velonakis M, Cadum E, Vigna-Taglianti F; HYENA Consortium. Hypertension and Exposure to Noise near Airports (HYENA): study design and noise exposure assessment. *Environmental Health Perspectives* (2005) 113: 1473-8

Kawada T. The effect of noise on the Health of children. *J Nippon Med School* (2004) 71: 1-10.

Klaeboe R. Aircraft noise annoyance in recreational areas after changes in noise exposure: comments on Krog and Engdahl (2004) *J Acoust Soc Am*. 2005 Sep;118(3 Pt 1):1265-7 rk@toi.no

Knipschild P. Medical effects of Aircraft Noise: Community Cardiovascular Survey IAOEH (1977a) 40: 185-190.

Knipschild P. Medical effects of Aircraft Noise: General Practice Survey IAOEH (1977b) 40: 191-197

Knipschild P. Medical effects of Aircraft Noise: Drug Survey IAOEH (1977c) 40: 197-200

Knipschild P, Meijer H, Salle H. Aircraft noise and birth weight. *Int Archives of Occupational and Environmental Health* (1981) 48: 131-136.

Kryter KD. *The effects of noise on man*. Second edition, Academic press Inc, London , 1985

Maschke C, Wolf U, Leitmann T: *Epidemiologische Untersuchungen zum Einfluß von Lärmstress auf das Immunsystem und die Entstehung von Arteriosklerose*. WaBoLu-Heft 01/03, Umweltbundesamt Berlin, 2003

Matheson MP, Stansfeld SA, Haines MM. The effects of chronic aircraft noise exposure on children's cognition and health: 3 field studies. *Noise Health* (2003) 5: 31-40.

Matsui et al: *A Report on the Aircraft Noise as a Public Health Problem in Okinawa*. Revision (2000)

Matsui T, Matsuno T, Ashimine K, Hiramatsu K, Osada Y, Yamamoto T. Higher rate of Low-birth-weight and/or preterm infants observed around Kadena Airfield in Okinawa. *Proc. ICA, Vol. III* (2001)

Matsui T, Miyakita T, Hiramatsu K, Osada Y, Yamamoto T. Association between blood pressure and aircraft noise exposure around Kadena airfield in Okinawa. *Inter Noise 2001, 2001 Internat Congress and Exhibition on Noise Control Engineering, The Hague, The Netherlands, 2001*. Proceedingband 1577-1582.

Matsui T, Matsuno T, Ashimine K, Hiramatsu K, Osada Y, Yamamoto T. The Okinawa Study : Effect of chronic Aircraft Noise exposure on birth weight, prematurity and intrauterine growth retardation. *Proc. 8th International conference on Noise as a Public Health Problem* (2003) 91-92.

Matsui T, Stansfeld S, Haines M, Head J. Children's Cognition and Aircraft Noise Exposure at Home – The West London Schools Study. *Noise and Health* (2004) 25: 49-58

Meecham WC, Shaw NA. Increase in mortality rates due to aircraft noise. *Schriftenr Ver Wasser Boden Lufthyg* (1993) 88: 428-41

Michaud DS, Fidell S, Pearsons K, Campbell KC, Keith SE: Review of field studies of aircraft noise-induced sleep disturbances. *J Acoustical Society of America* (2007) 121: 32-41.

Miedema HM, Fields JM, Vos H. Effect of season and meteorological conditions on community noise annoyance. *J Acoust Soc Am* (2005) 117: 2853-65.

Miedema HM, Oudshoorn CG. Annoyance from transportation noise: relationships with exposure metrics DNL and DENL and their confidence intervals. *Environ Health Perspect* (2001) 109: 409-16.

Miedema HM, Vos H, de Jong RG. Community reaction to aircraft noise: time-of-day penalty and tradeoff between levels of overflights. *J Acoust Soc Am*. 2000 Jun;107(6):3245-53.

Miedema HM, Vos H. Noise sensitivity and reactions to noise and other environmental conditions. *J Acoust Soc Am* (2003) 113: 1492-504.

Miedema HM. Relationship between exposure to multiple noise sources and noise annoyance. *J Acoust Soc Am* (2004) 116: 949-57

Miedema HME, Vos H. Associations between self reported sleep disturbance and environmental noise based in reanalyses of pooled data from 24 studies. *Behavioural Sleep Medicine* (2007) 5: 1-20.

Morrell S, Taylor R, Lyle D. A review of health effects of aircraft noise. *Aust N Z J Public Health* (1997) 21: 221-36.

Morrell SL, Taylor R, Carter N et al., Cross-sectional relationship between blood pressure of school children and aircraft noise. In: Carter N, Job RFS (eds): *Noise effects '98. Congress proceedings of the 7th international congress Noise as a Public Health Problem. Sydney, 22-26 November 1998. Vol. I, P 275-279.*

Morrell SL: *Aircraft Noise and Child Blood Pressure. University of Sydney. Inauguraldissertation 2003*

Ollerhead JB, Jones CJ, Cadoux RE, Woodley A, Atkinson BJ, Horne JA, Pankhurst F, Reyner L, Hume KI, Van F, Watson AL, Diamond ID, Egger P, Holmes D, McKean J. Report of a field study of aircraft noise and sleep disturbance. Department of Safety, Environment and Engineering, Civil Aviation Authority, London (1992)

Passchier WF. *Healthy Airports. A proposal for a comprehensive set of Airport environmental health indicators. University Maastricht, 2002*

Passchier-Vermeer W, Vos H, Steenbekkers JHM. Sleep disturbance and aircraft noise exposure. Exposure-effect relationships- TNO Prevention and Health, Report No. 2002.027

Raschke F. Arousals and aircraft noise - environmental disorders of sleep and health in terms of sleep medicine. *Noise Health. 2004 Jan-Mar;6(22):15-26.*

Rehm S, Jansen G. Aircraft noise and premature birth. *J Sound Vibration* (1978) 59: 133-135

RIVM report 441520012: Health impact assessment Schiphol airport- 1999 (s. Franssen et al., 1999)

RIVM report 630400001/2005: Selection and evaluation of exposure-effect-relationships for health impact assessment in the field of noise and health 2005 (s. van Kempen et al., 2005)

Rosenlund M, Berglind N, Pershagen G, Jarup L, Bluhm G. Increased prevalence of hypertension in a population exposed to aircraft noise. *Occup Environ Med* (2001) 58:769-73.

Samel A, Isermann U: Aircraft noise effects on sleep: Application of the results of a large polysomnographic field study. *J Acoustic Soc Amer* (2006) 119: 2772-2784

Schell LM. Environmental noise and human prenatal growth. *Am. J Phys Anthropol* (1981) 56: 63-70

Schell LM, Hodges DC. Longitudinal study of growth status and airport noise exposure. *Am J Phys Anthropol* (1985) 66:383-9

Schell LM, Norelli RJ. Airport noise exposure and the postnatal growth of children. *Am J Phys Anthropol* (1983) 61:473-82

Schreckenber D, Meis M: *Belästigung durch Fluglärm im Umfeld des Frankfurter Flughafens. Im Auftrag des Regionalen Dialogforums (2006)*

Stadtgesundheitsamt Frankfurt: *Fluglärm und Kinder. Aktuelle Literatur. Frankfurt, 2007.*

Stansfeld SA, Berglund B, Clark C, Lopez-Barrio I, Fischer P, Ohrstrom E, Haines MM, Head J, Hygge S, van Kamp I, Berry BF; RANCH study team. Aircraft and road traffic noise and children's cognition and health: a cross-national study. *Lancet* (2005) 365: 1908-9.

Vallet M, Cohen JM, Mosnier A, Trucy D. Airport Noise and Epidemiological Study of Health Effects: a feasibility study. In *Internoise 99, Proceedings Dec. 1999*

van Kamp I, Job RF, Hatfield J, Haines M, Stellato RK, Stansfeld SA. The role of noise sensitivity in the noise-response relation: a comparison of three international airport studies. *J Acoust Soc Am* (2004) 116: 3471-9

van Kempen EEMN, Staatsen BAM, van Kamp I: Selection and evaluation of exposure-effect-relationships for health impact assessment in the field of noise and health RIVM report 630400001/2005 (2005)

van Kempen E, van Kamp I, Fischer P, Davies H, Houthuijs D, Stellato R, Clark C, Stansfeld S. Noise exposure and children's blood pressure and heart rate: the RANCH project. *Occup Environ Med* (2006) 63: 632-9.

Van Kempen EEMM, van Kamp I. Annoyance from air traffic noise. Possible trend in exposure-response relationships. Report Nr 01/2005 MGO Evk (2005)

Zeitlhofer J, Schmeiser-Rieder A, Tribl G, Rosenberger A, Bolitschek J, Kapfhammer G, Saletu B, Katschnig H, Holziner B, Popovic R, Kunze M. Sleep and quality of life in the Austrian population. *Acta Neurol Scand.* (2000) 102: 249-257.

Tabellenverzeichnis

Tab. 1 Langzeiteffekte von Lärm und Klassifikation der Evidenz für einen kausalen Zusammenhang zwischen Lärm und Wirkung. Die drei letzten Spalten enthalten Informationen über die beobachtete Wirkschwelle für den Effekt, für welchen die wissenschaftliche Evidenz für eine kausale Verursachung als ausreichend (sufficient) eingestuft wurde (Passchier-Vermeer und Passchier 2000)	4
Tab. 2 Untersuchungen zu Auswirkungen des Flugverkehrs auf die Gesundheit der Anwohner (Erwachsene)– unter besonderer Berücksichtigung von Herz-Kreislauf-Erkrankungen – Teilnehmer und Methoden (modifiziert nach Babisch, 2006)	10
Tab. 3 Untersuchungen zu Auswirkungen des Flugverkehrs auf die Gesundheit der Anwohner (Erwachsene)– unter besonderer Berücksichtigung von Herz-Kreislauf-Erkrankungen – wesentliche Ergebnisse (modifiziert nach Babisch, 2006)	12
Tab. 4 Bluthochdruck bei Erwachsenen – in Abhängigkeit von der Fluglärmbelastung (Odds-Ratios) (modifiziert nach Babisch 2006)	20
Tab. 5 Bluthochdruck und Herzerkrankungen – in Abhängigkeit von der Fluglärmbelastung – Odds-Ratios) (modifiziert nach Babisch 2006)	21
Tab. 6 Ischämische Herzerkrankungen in Abhängigkeit von der Fluglärmbelastung (Odds-Ratios) (nach Babisch 2006)	22
Tab. 7 Untersuchungen zu Auswirkungen des Flugverkehrs auf den Medikamentenbedarf der Anwohner (Erwachsene) – Fluglärmbelastung, Teilnehmer und Methoden	25
Tab. 8 Fluglärm und Medikamenteneinnahme (Odds-Ratios) (nach Babisch, 2006)	26
Tab. 9 Fluglärmstudie Köln-Bonn - Kinder und Erwachsene – Verschreibung von Blutdruck- und Herz-Kreislaufmitteln und Assoziation zur Fluglärmbelastung am Tage, in der Nacht und zu besonderen Nachtzeiten (Odds-Ratios) (Greiser et al. 2006)	27
Tab. 10 Fluglärmstudie Köln-Bonn - Kinder und Erwachsene – Verschreibung von Beruhigungs- und Schlafmitteln, Antidepressiva, Magen-Darm-Medikamenten und „restlichen“ Mitteln - Assoziation zur Fluglärmbelastung am Tage, in der Nacht und zu besonderen Nachtzeit (Greiser et al. 2006)	28
Tab. 11 Fluglärm und allgemeiner Gesundheitszustand bzw. einzelne Symptome (Odds-Ratios).....	30
Tab. 12 Fluglärmstudie Okinawa – Erwachsene – Allgemeiner Gesundheitszustand (Fragebogen) – angegeben sind die signifikanten partiellen Regressionen (Matsui et al. 2000)	30
Tab. 13 Fluglärmstudie Frankfurt – Erwachsene – Gesundheitsbeschwerden in Abhängigkeit von der Fluglärmbelastung und der Fluglärmbelastung – Korrelationen (Schreckenber und Meis 2006)	31
Tab. 14 Methoden zur Erfassung der Schlafqualität bzw. von Störungen des Schlafs in Labor- und epidemiologischen Feldstudien	37
Tab. 15 Fluglärmstudien – Erwachsene – Schlafstörungen - Übersicht Medikamentenverbrauch / Einnahme / Verordnung (Odds-Ratios)	39
Tab. 16 Fluglärmstudien Erwachsene - Feldstudien zu fluglärm-induzierten Schlafstörungen (nach Michaud et al., 2007, Review)	42
Tab. 17 Übersicht über Publikationen zum Zusammenhang zwischen Fluglärm und Schwangerschaftsdauer und Geburtsgewicht – (Review von Morell et al., 1997, ergänzt um Matsui et al., 2003)	52
Tab. 18 Übersicht über Publikationen zum Zusammenhang zwischen Fluglärm und allgemeiner Gesundheit bei Kindern	54
Tab. 19 Fluglärm und Blutdruck bzw. Stresshormone bei Kindern – publizierte Studien	58
Tab. 20 Fluglärm und kognitive Fähigkeiten bei Kindern – publizierte Studien –Teilnehmer und Untersuchungs-Methoden, Fluglärmbelastung, Autoren	66

Tab. 21 Fluglärm und kognitive Fähigkeiten bei Kindern – publizierte Studien- Methoden und Ergebnisse	68
Tab. 22 Fluglärmstudie Osaka – Neugeborene – Fragebogenerhebung zu Schlafschwierigkeiten bei Lärm und zum Geburtsgewicht (Ando und Hattori 1973)	78
Tab. 23 Fluglärmstudie Osaka – Neugeborene – Geburtsgewicht (Ando und Hattori 1973)	78
Tab. 24 Fluglärmstudie Frankfurt – Erwachsene – Teilnehmer (Aydin und Kaltenbach 2007)	80
Tab. 25 Verkehrslärmstudie Berlin - Erwachsene – Verkehrslärm und Herzinfarkttrisiko (NaRoMi)	83
Tab. 26 Fluglärmstudien Erwachsene – Übersicht über die Studien des DLR zu Wirkungen auf den Schlaf	84
Tab. 27 DLR-Studie – Erwachsene – Leistungstests und nächtliche Fluglärmbelastung (Basner et al. 2004)	91
Tab. 28 Fluglärmstudie Stockholm – Erwachsene – Neuerkrankungen Bluthochdruck und Herzinfarkt in Abhängigkeit von der Belastung (Längsschnitt 10 Jahre) (Bluhm et al. 2004).....	92
Tab. 29 Fluglärmstudie Stockholm – Erwachsene – Neuerkrankungen Bluthochdruck und Herzinfarkt in Abhängigkeit von der Belästigung (Längsschnitt 10 Jahre) (Bluhm et al. 2004).....	93
Tab. 30 Fluglärmstudie München – Kinder - Umweltbelastigung, Lebensqualität, Lösungsversuche, Blutdruck und Stresshormone - 6 Monate vor und 6 sowie 18 Monate nach Schließung des alten und Eröffnung des neuen Flughafens in München (Bullinger et al. 1999; Evans et al. 1998)	95
Tab. 31 Fluglärmstudie Los Angeles – Kinder - Erstuntersuchung – Vergleich der Studiengruppen, Lärmbelastung, Blutdruckwerte und Ergebnisse der Lösung von Puzzles (Cohen et al., 1980)	98
Tab. 32 Fluglärmstudie Los Angeles – Kinder - Nachuntersuchung – Vergleich der Lärmbelastung, Blutdruckwerte sowie der Lese- und Rechenleistung (Cohen et al. 1981).....	101
Tab. 33 Fluglärmstudie Stockholm – Erwachsene – Neuerkrankung an Bluthochdruck (Eriksson et al. 2007)	105
Tab. 34 Fluglärmstudie München – Kinder - Lärmbelastung, Blutdruckwerte und Stresshormonkonzentrationen im Urin (Evans et al. 1998).....	106
Tab. 35 Fluglärmstudien US-Flughäfen – Erwachsene – Feldstudien zu Schlafstörungen im Umfeld eines Militär- und eines Zivilflughafens (Fidell et al., 1995).....	108
Tab. 36 Fluglärmstudien US-Flughäfen – Erwachsene – Feldstudien zu Schlafstörungen im Umfeld eines Militär- und eines Zivilflughafens – Assoziationen zu verschiedenen Lärmindikatoren (Fidell et al., 1995)	109
Tab. 37 Fluglärmstudien US-Flughäfen – Erwachsene – Feldstudien zu Schlafstörungen im Umfeld zweier Flughäfen vor und nach Schließung resp. Eröffnung sowie an einem dritten Flughafen vor, während und nach erhöhtem Flugaufkommen (Fidell et al., 2000).....	112
Tab. 38 Fluglärmstudie Amsterdam – geschätzter Anteil der schwer durch Fluglärm belästigten Personen (Franssen et al., 2002)	114
Tab. 39 Fluglärmstudie Amsterdam – Erwachsene – Geschätzter Anteil der durch Fluglärm bedingten Erkrankungen an Bluthochdruck (Franssen et al. 2002)	115
Tab. 40 Fluglärmstudie Amsterdam – Erwachsene - Allgemeiner Gesundheitszustand, Beschwerden und Einnahme bestimmter Medikamente (Franssen et al. 2004).....	119
Tab. 41 Fluglärmstudie Amsterdam – Erwachsene - Allgemeiner Gesundheitszustand und Einnahme bestimmter Medikamente - Odds Ratios kontrolliert für Alter, Geschlecht (Franssen et al. 2004)	120
Tab. 42 Fluglärmstudie Amsterdam – Erwachsene - Allgemeiner Gesundheitszustand und Einnahme bestimmter Medikamente - Odds Ratios nach multipler logistischer Regression (Berücksichtigung von Einflußvariablen wie Alter, Geschlecht) (Franssen et al. 2004).....	121
Tab. 43 Fluglärmstudie Köln-Bonn – Kinder und Erwachsene – Verschreibung verschiedener Medikamentengruppen an Krankenversicherte (Greiser et al. 2006).....	126
Tab. 44 Fluglärmstudie Schulen in London – Kinder - Belästigung, Stresserleben, Angst, Depression und kognitive Fähigkeiten bei Kindern (dargestellt sind verschiedene Skalenwerte) der hoch und	

der weniger hoch fluglärmbelasteten Schulen sowie Zusammenhangsanalysen (Haines et al., 2001)	131
Tab. 45 Fluglärmstudien Schulen London - Kinder – Zusammenfassung dreier Untersuchungen – Vergleich der Studiengruppen, Lärmbelastung, Ergebnisse der Tests und Befragungen sowie Stresshormone im Urin (Haines et al. 2001a-c)	135
Tab. 46 Fluglärmstudie London - Schulleistungen der Kinder in 123 Schulen in London in Abhängigkeit von der Fluglärmbelastung an den Schulen (Haines et al. 2002)	137
Tab. 47 Fluglärmstudie HYENA – Erwachsene – Beschreibung der 140 Studienteilnehmer – und Bedingungen (Haralabidis et al. 2008)	138
Tab. 48 Fluglärmstudie HYENA – Erwachsene – Effekte verschiedener Lärmbelastungen auf den Blutdruck und die Herzfrequenz der Probanden (gepoolte Daten) (Haralabidis et al. 2008)	139
Tab. 49 Fluglärmstudie München – Kinder – Fluglärmbelastung vor und nach Eröffnung des neuen Flughafens	141
Tab. 50 Fluglärmstudie München – Kinder - Ergebnisse der kognitiven Tests (Hygge et al.2002)...	143
Tab. 51 Flug- und Straßenverkehrslärmstudie HYENA – Erwachsene - Zusammenhang zwischen Bluthochdruck und Fluglärm am Tag und in der Nacht sowie Straßenlärm (Jarup et al. 2008)	146
Tab. 52 RANCH-Studie Flug- und Straßenverkehrslärm – Kinder – Untersuchungsteilnehmer, Verkehrslärmbelastung, Blutdruckwerte und Zusammenhangsanalysen (van Kempen et al. 2006)	150
Tab. 53 Fluglärmstudie Amsterdam – Erwachsene – Herz-Kreislauf-Erkrankungen und -symptome (Knipschild 1977a)	151
Tab. 54 Fluglärmstudie Amsterdam – Erwachsene – Hausarztbesuche (Knipschild 1977b)	153
Tab. 55 Fluglärmstudie Amsterdam – Erwachsene – Medikamenteneinnahme (Knipschild 1977b).	154
Tab. 56 Fluglärmstudie Amsterdam – Kinder – Verteilung der Geburtsgewichte nach Fluglärmbelastung an der Wohnung (Knipschild et al. 1981).....	157
Tab. 57 Fluglärmstudie Okinawa – Erwachsene – Fragebogenerhebung gesundheitliche Beschwerden, eingeteilt in 12 Skalen (Matsui 2000).....	161
Tab. 58 Fluglärmstudie Okinawa – Erwachsene - Fragebogenerhebung zur allgemeinen Gesundheit – signifikante partielle Regressionen im Umfeld des Flughafens Kadena (Matsui 2000)	162
Tab. 59 Fluglärmstudie Okinawa – Erwachsene - Fragebogenerhebung zur allgemeinen Gesundheit – signifikante partielle Regressionen im Umfeld des Flughafens Futenma (Matsui 2000)	162
Tab. 60 Fluglärmstudie Okinawa – Erwachsene – Fluglärmbelastung und Teilnehmer (Matsui et al., 2001 und 2004).....	167
Tab. 61 Fluglärmstudie Okinawa – Kinder – Einfluss der Fluglärmbelastung auf Schwangerschaftsdauer und Geburtsgewicht (Matsui et al. 2003)	170
Tab. 62 Fluglärmstudie London – Kinder – Fluglärm im Wohnumfeld und kognitive Fähigkeiten bei Kindern (Matsui et al.2004).....	172
Tab. 63 Fluglärmstudie London – Kinder – Fluglärm im Wohnumfeld und Kurz- und Langzeitgedächtnis bei Kindern (Matsui et al.,2004).....	172
Tab. 64 Fluglärmstudie Sydney – Kinder – Teilnehmer, Anamnese und Blutdruckwerte (Morrell 2003)	177
Tab. 65 Fluglärmstudie Düsseldorf – Neugeborene – Geburtsgewicht (Rehm und Jansen 1978) ...	182
Tab. 66 Fluglärmstudie Stockholm – Erwachsene - Bluthochdruck in Abhängigkeit von der Fluglärmbelastung über den gesamten Tag und den maximalen Fluglärmspiegeln (Rosenlund et al. 2001)	183
Tab. 67 Fluglärmstudie USA – Kinder – Einfluss auf Schwangerschaftsdauer und Geburtsgewicht – nach Berücksichtigung weiterer möglicher Einflussfaktoren (Schell 1981).....	185
Tab. 68 Fluglärmstudie Frankfurt – Erwachsene – Belästigung (Schreckenber und Mais, 2006)...	189

Tab. 69 Fluglärmstudie Frankfurt – Erwachsene - Gesundheitsbezogene Lebensqualität in Abhängigkeit von der Fluglärmelastigung und der Fluglärmelastung – Korrelationen (Schreckenbergr und Meis, 2006).....	191
Tab. 70 Fluglärmstudie Frankfurt – Erwachsene – gesundheitliche Beschwerden nach Giessener Beschwerdebogen in Abhängigkeit von der Fluglärmelastung (Schreckenbergr und Meis 2006)	193
Tab. 71 Fluglärmstudie Frankfurt – Erwachsene – Gesundheitsbeschwerden in Abhängigkeit von der Fluglärmelastigung und der Fluglärmelastung – Korrelationen (Schreckenbergr und Meis 2006).....	194
Tab. 72 Fluglärmstudie Frankfurt – Erwachsene – Subjektive Schlafqualität entspr. Pittsbuiger Schlafqualitäts-Index in Abhängigkeit von der Fluglärmelastung (Mittelwerte) (Schreckenbergr und Meis 2006)	195
Tab. 73 Fluglärmstudie Frankfurt – Erwachsene – Schlafgestörtheit und nächtliche Fluglärmelastung –Odds-Ratios (Schreckenbergr und Meis, 2006)	196
Tab. 74 RANCH-Studie – Kinder - Teilnehmer, Basisdaten zum familiären Hintergrund, zur Lärmelastung und zur Fensterausstattung der Schulen (Stansfeld et al. 2005)	198
Tab. 75 RANCH-Studie – Kinder - Zusammenhangsanalysen zwischen verschiedenen kognitiven Leistungen bei Kindern und Fluglärmelastung (Stansfeld et al., 2005).....	200

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1 Konzept: Auswirkungen von Lärm auf die Gesundheit (HCN Health Council of the Netherlands, 1999)	3
Abb. 2 Belästigung durch Fluglärm – Frankfurt am Main im internationalen Vergleich (Schreckenber g und Meis, 2006)	7
Abb. 3 Mögliche Auswirkungen von nächtlichem Lärm (Porter et al. 2000)	34
Abb. 4 Fluglärmstudien – Erwachsene - Fluglärmbelastung und Aufwachreaktionen – Daten aus verschiedenen Untersuchungen (Michaud et al. 2007)	41
Abb. 5 Prognose im Umfeld des Frankfurter Flughafens auf die Wahrscheinlichkeit von einer, zwei oder drei zusätzlichen fluglärmbedingten Aufwachreaktionen (elektrophysiologisch messbaren). Die Rechnungen basieren auf 25000 nächtlichen Flugbewegungen in den betriebsreichsten (busiest) 6 Monaten (Basner et al., 2004)	45
Abb. 6 Flug- und Straßenverkehrslärm und systolischer (oben) und diastolischer (unten) Blutdruck bei Kindern - Zusammengefasste Ergebnis-Darstellung aus verschiedenen Studien (van Kempen et al. 2006)	63
Abb. 7 Fluglärmstudie Osaka – Neugeborene – Verteilung der Geburtsgewichte bei Neugeborenen in der fluglärmbelasteten Region (vor und nach Aufnahme des Flugbetriebs) (links) sowie der 1965-1967Geborenen in unterschiedlich fluglärmbelasteten Regionen (rechts) (Ando und Hattori,1973)	79
Abb. 8 DLR-Studie - Erwachsene - Feldstudie – Häufigkeitsverteilung der Fluglärmmaximalpegel außen (2m vor der Hauswand) und innen (am Ohr des Schläfers), gemittelt über 394 Nächte (Basner et al., 2004)	86
Abb. 9 DLR-Studie – Erwachsene – Laborstudie: Änderung des Tiefschlafanteils in Abhängigkeit von der Anzahl und der maximalen Lärmbelastung der eingespielten Überflüge (Basner et al., 2004)	87
Abb. 10 DLR-Studie – Erwachsene – Aufwachwahrscheinlichkeit in Abhängigkeit vom Maximalpegel im Schlafraum – Vergleich Labor- und Feldstudien (logistische Regression mit Zufallseffekten) (Basner et al. 2004)	88
Abb. 11 DLR-Studie – Erwachsene – Labor - Aufwachdauer in Abhängigkeit vom Aufwachereignis (spontan, Fluglärmbelastung 45-65 dB, Fluglärmbelastung 70-80 dB) (Basner und Samel 2006)	89
Abb. 12 DLR-Studie – Erwachsene – durch Labor- und feldspezifische Regressionsmodelle vorhergesagter Anteil durch Fluglärm Belästigter (Skalenstufe 3-5) in Abhängigkeit vom energieäquivalenten Dauerschallpegel LAS, eq (Basner et al. 2004).....	90
Abb. 13 Fluglärmstudie Los Angeles - Kinder - Blutdruck, kognitive Fähigkeiten und Aufmerksamkeit in Abhängigkeit von der Expositionsdauer (Cohen et al., 1980)	99
Abb. 14 Fluglärmstudie Los Angeles – Kinder – Lärmpegel auf den Schulhöfen in den 1970er und Ende der 1980er Jahre (Meecham und Shaw 1993).....	102
Abb. 15 Fluglärmstudie München– Erwachsene – Blutdruckverhalten während Kopfrechnen, Ruhe und experimenteller Beschallung. Links: 48 Probanden; rechts: Einzelbeispiel (van Eiff et al. 1974).....	103
Abb. 16 Fluglärmstudie München – Erwachsene – Blutdruckreaktionen auf experimentellen Lärm bei Probanden unterschiedlich fluglärmbelasteter Regionen (van Eiff et al. 1974)	104
Abb. 17 Fluglärmstudie Stapleton (DEN) und Denver (DIA) – Erwachsene – Schlafstörungen – Lärmereignisse von 22 bis 7 Uhr außerhalb (links) und innerhalb des Schlafraums (rechts) vor (dunkle Vierecke) und nach (helle Dreiecke) Schließung des Flughafens Stapleton (Fidell et al., 2000).....	111
Abb. 18 Fluglärmstudie Stapleton (DEN) und Denver (DIA) – Erwachsene – Schlafstörungen – Lärmereignisse von 22 bis 7 Uhr außerhalb (links) und innerhalb des Schlafraums (rechts) vor (dunkle Vierecke) und nach (helle Dreiecke) Eröffnung des Flughafens Denver (Fidell et al., 2000).....	111

Abb. 19 Fluglärmstudie Amsterdam – Erwachsene – Anzahl Flugbewegungen, Beschwerden und Beschwerdeführer 1986-1991 (Franssen et al. 2002)	113
Abb. 20 Fluglärmstudie Amsterdam – geschätzter Anteil der schwer durch Fluglärm belästigten Personen (Franssen et al. 2002)	114
Abb. 21 Fluglärmstudie Amsterdam – Erwachsene – Geschätzter Anteil der durch Fluglärm bedingten Erkrankungen an Bluthochdruck (Franssen et al. 2002)	115
Abb. 22 Fluglärmstudie Amsterdam – Erwachsene - Verkauf von Sedativa in Apotheken (Franssen et al. 1999)	116
Abb. 23 Fluglärmstudie Amsterdam – Erwachsene - Allgemeiner Gesundheitszustand und Einnahme bestimmter Medikamente - Odds Ratios kontrolliert für Alter, Geschlecht (Franssen et al. 2004)	120
Abb. 24 Fluglärmstudie Köln/Bonn – Erwachsene – durchschnittliche Flugbewegungszahlen für verschiedene Tages- und Nachtflugzeiten am Flughafen Köln/Bonn im Jahr 2004 (Greiser et al. 2006)	123
Abb. 25 Fluglärmstudie Kön/Bonn – Erwachsene – Fluglärmbelastung am Tage (oben), in der Nacht (Mitte) und von 3-5 Uhr (unten) Greiser et al. 2006.....	124
Abb. 26 Fluglärmstudie Düsseldorf – Kinder und Erwachsene – Anteil der durch Fluglärm am Tage und in der Nacht betroffenen Versicherten (Greiser et al., 2006).....	125
Abb. 27 Fluglärmstudie Schulen London - Kinder – Sprachverständnis durch Lesen (Leseverständnis) insgesamt über alle 70 Fragen – Vergleich Kinder aus den lärmbelasteten Schulen (schwarze Vierecke) und Kinder aus wenig lärmbelasteten Schulen (helle Kreise) (Haines et al., 2001c)	133
Abb. 28 Fluglärmstudie Schulen London – Kinder - Sprachverständnis durch Lesen (Leseverständnis) nur die 15 schwierigsten Fragen - Vergleich Kinder aus den lärmbelasteten Schulen (schwarze Flächen) und Kinder aus wenig lärmbelasteten Schulen (helle Vierecke) (Haines et al., 2001c)	133
Abb. 29 Fluglärmstudie London - Schulleistungen der Kinder in 123 Schulen in London in Abhängigkeit von der Fluglärmbelastung an den Schulen (< 54 dB(A) bis 72 dB(A)) (Haines et al. 2002)	137
Abb. 30 Fluglärmstudie HYENA – Erwachsene – Erhöhung des diastol. Blutdrucks bei Lärmanstieg um 5 dB(A) im 15-min-Intervall (links) und 1 min-Intervall (rechts) in den verschiedenen Städten und insgesamt (Haralabidis et al. 2008)	139
Abb. 31 Fluglärmstudie HYENA – Erwachsene – Erhöhung des diastol. Blutdrucks bei Lärmereignissen und Lärmzunahme um 5 dB(A) in Abhängigkeit von der Ursache (Fluglärm links; Straßenverkehrslärm Mitte; Innenraumlärm rechts) in den verschiedenen Städten und insgesamt (Haralabidis et al. 2008)	139
Abb. 32 Fluglärmstudie München - kognitive Fähigkeiten bei den Kindern im Umfeld des alten und neuen Münchner Flughafens sowie bei den jeweiligen Kontrollgruppen, 6 Monate vor sowie 6 und 18 Monate nach Schließung des alten und Eröffnung des neuen Flughafens (Hygge et al. 2002)	142
Abb. 33 HYENA-Studie – Erwachsene - Fluglärmbelastung am Tag (A) und in der Nacht (B) und Bluthochdruck bei Erwachsenen (Jarup et al. 2008)	147
Abb. 34 HYENA-Studie – Erwachsene - Straßenverkehrslärm und Bluthochdruck bei Frauen (A) und Männern (B) (Jarup et al. 2008).....	147
Abb. 35 HYENA-Studie –Bluthochdruck und Fluglärm in der Nacht (A) und am Tage (B) sowie Straßenverkehrslärm Tag und Nacht) (Jarup et al. 2008)	148
Abb. 36 Fluglärmstudie Amsterdam – Erwachsene – Herz-Kreislauf-Erkrankungen und -symptome (Knipschild 1977a)	152
Abb. 37 Fluglärmstudie Amsterdam – Erwachsene – Gesamtrate der Kontakte mit niedergelassenen Allgemeinmedizinern in Abhängigkeit von der Fluglärmbelastung (links) – Arzt-Kontaktrate wegen verschiedener Erkrankungen und Beschwerden in Abhängigkeit von der Fluglärmbelastung (rechts) (Knipschild 1977b)	154

Abb. 38 Fluglärmstudie Amsterdam – Fluglärmbelastung und Medikamentenverkauf in Apotheken Region E (Knipschild 1977c)	155
Abb. 39 Fluglärmstudie Amsterdam – Kinder – Verteilung der Geburtsgewichte nach Fluglärmbelastung (Knipschild et al. 1981)	158
Abb. 40 Fluglärmstudie Okinawa – Erwachsene – Fragebogenerhebung zu allgemeiner Gesundheit – a allgemeine Beschwerden; b Atemwege; c Augen und Haut; d Verdauung; e geistige Labilität; f Aggression; g Nervosität (offene Zirkel: Kadena; geschlossene Futenma) (Matsui et al. 2000)	163
Abb. 41 Fluglärmstudie Okinawa – Kinder - Fluglärmbelastung und Gesundheitssymptome bei Kindern – a Erkältungssymptome, b Kopf- und Bauchschmerzen, c Essprobleme, d Passivität, e emotionale Labilität – offene Zirkel: Kadena, geschlossene dunkle Flächen: Futenma (Matsui et al. 2000)	166
Abb. 42 Fluglärmstudie Okinawa – Fluglärm und Bluthochdruck bei Erwachsenen (Matsui et al. 2001)	168
Abb. 43 Fluglärmstudie Okinawa – Kinder – Einfluss der Fluglärmbelastung auf Schwangerschaftsdauer (links) und Geburtsgewicht (rechts) (Matsui et al. 2003)	170
Abb. 44 Verkehrslärm und Störungen des Schlafs – Schiene, Straße, Flug – Review (Miedema und Vos 2007).....	175
Abb. 45 Fluglärmstudie Sydney - Kinder - Zusammenhangsanalysen zwischen Fluglärmbelastung und Blutdruck– bei der Erst- und der Folgeuntersuchung (Morrell 2003)	177
Abb. 46 Fluglärmstudie Stockholm – Erwachsene – Risiko für Bluthochdruck in Abhängigkeit vom Dauerschallpegel und dem Maximalpegel (Rosenlund et al. 2001)	184
Abb. 47 Fluglärmstudie Frankfurt – Erwachsene - Anteil hoch Fluglärmbelastigter in Abhängigkeit vom Leq3 berechnet nach dem 100/100-Verfahren Realverteilung (Schreckenber und Meis 2006)	190
Abb. 48 Fluglärmstudie Frankfurt – Erwachsene – Belästigung – Tagesgang an Werktagen (links) und an Wochenenden (rechts) (Schreckenber und Meis 2006)	190
Abb. 49 Fluglärmstudie Frankfurt – Erwachsene – psychisches und körperliches Wohlbefinden in Abhängigkeit von der Fluglärmbelastung (Schreckenber und Meis 2006).....	191
Abb. 50 Fluglärmstudie Frankfurt – Erwachsene – Ergebnisse des Giessener Beschwerdebo gens im Vergleich mit Normstichproben 1975-2001 (Schreckenber und Meis 2006).....	192
Abb. 51 Fluglärmstudie Frankfurt – Erwachsene – gesundheitliche Beschwerden, entspr. Giessener Beschwerdebogen in Abhängigkeit von der Fluglärmbelastung (Schreckenber und Meis 2006)	193
Abb. 52 Fluglärmstudie Frankfurt – Erwachsene – Subjektive Schlafqualität entspr. Pittsburger Schlafqualitäts-Index in Abhängigkeit von der Fluglärmbelastung (Mittelwerte) (Schreckenber und Meis 2006)	195
Abb. 53 RANCH-Studie – Kinder - Fluglärmbelastung an der Schule und an der Wohnung (Stansfeld et al., 2005)	199
Abb. 54 RANCH-Studie - Fluglärmbelastung an der Schule und Belästigung (Stansfeld et al., 2005)	199
Abb. 55 RANCH-Studie – Kinder - Fluglärmbelastung an der Schule und Leseverständnis (Stansfeld et al., 2005)	200