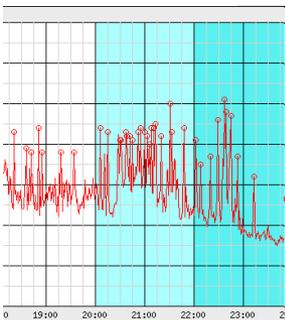


# Gesundheitliche Auswirkungen von Fluglärm

*Was sagt die Wissenschaft?*



Oberglatt, 19.11.2014

Prof. Dr. Martin Rösli



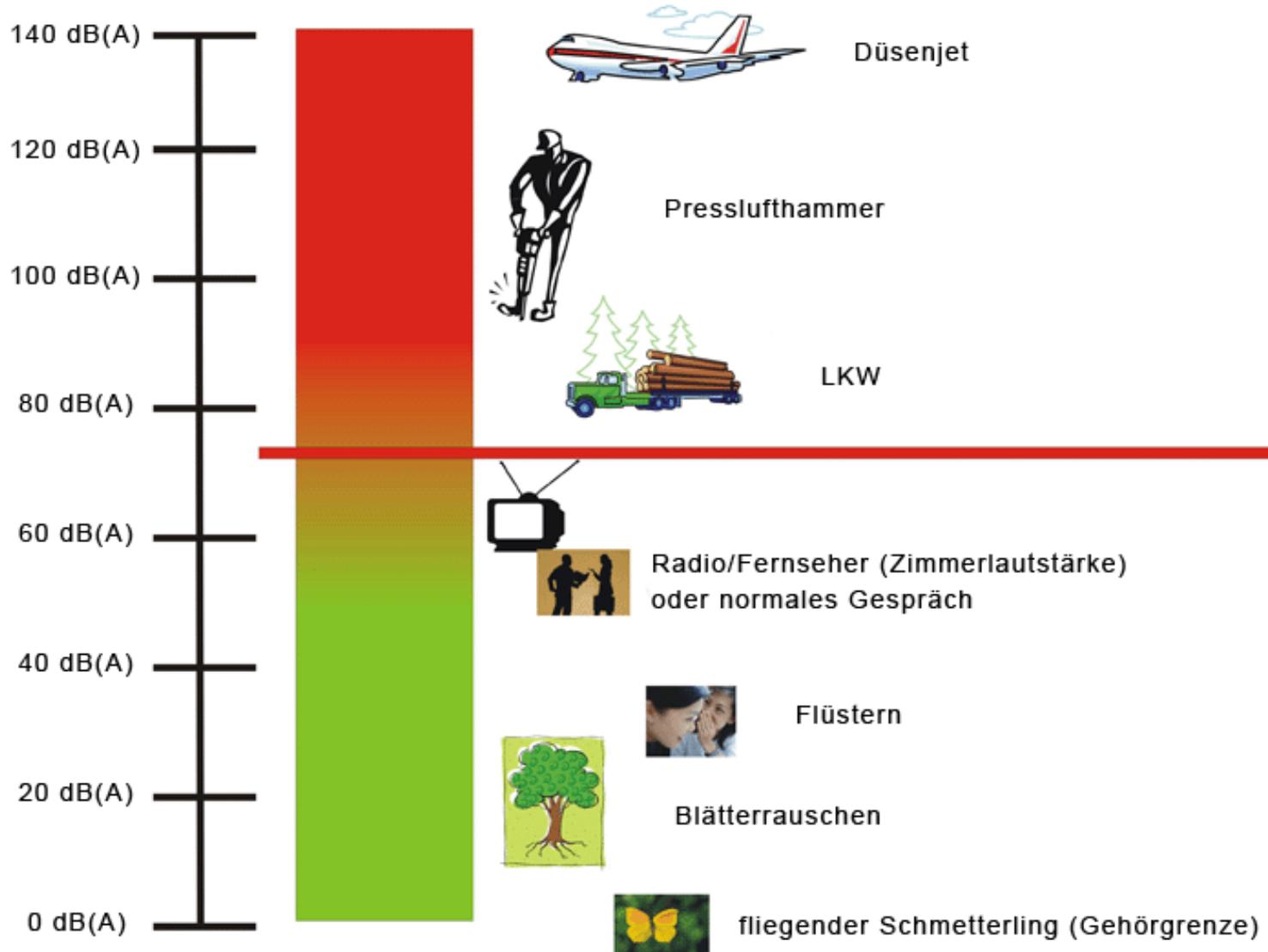
## Inhalt

- Wirkungsmodell Lärm
- Lärmbelästigung
- Auswirkungen auf den Schlaf
- Auswirkungen auf Herz-Kreislaufkrankungen
- Andere mögliche Auswirkungen
- Kosten der Lärmbelastung
- Offene Fragen



## Lärm

- Lärm ist unerwünschter Schall
- Wird in Dezibel (dB) gemessen. Logarithmische Skala: Ein Anstieg um 3 dB entspricht einer Verdoppelung des Schalldrucks.
- Subjektiv nimmt der Mensch ein Anstieg von 10 dB als Verdoppelung des Lärms wahr
- Da der Mensch nicht alle Frequenzen gleich intensiv wahrnimmt, wird bei Messungen oder Berechnungen häufig die Lautstärke jeder Frequenz gleich gewichtet wie sie das durchschnittliche menschliche Ohr wahrnimmt. Diese Frequenzgewichtung wird mit der dB(A) ausgedrückt.
- Verschiedene Lärmmasse:
  1.  $L_{\text{day}}, L_{\text{night}}$ : Mittlerer Schallpegel während dem Tag/Nacht
  2.  $L_{\text{dn}}, L_{\text{den}}$ : gewichtete Schallpegel;  
 $n=+10$  dB für Nachtstunden;  $e=+5$  dB für Abendstunden;



<http://www.juwe-medicare.de/das-gehoer.html>

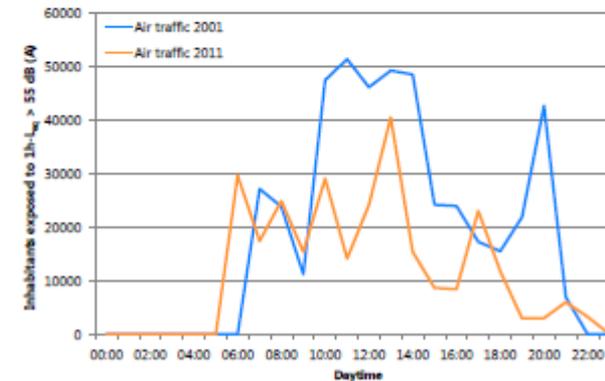
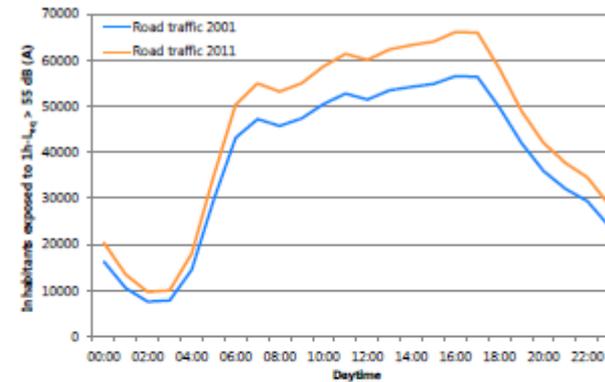
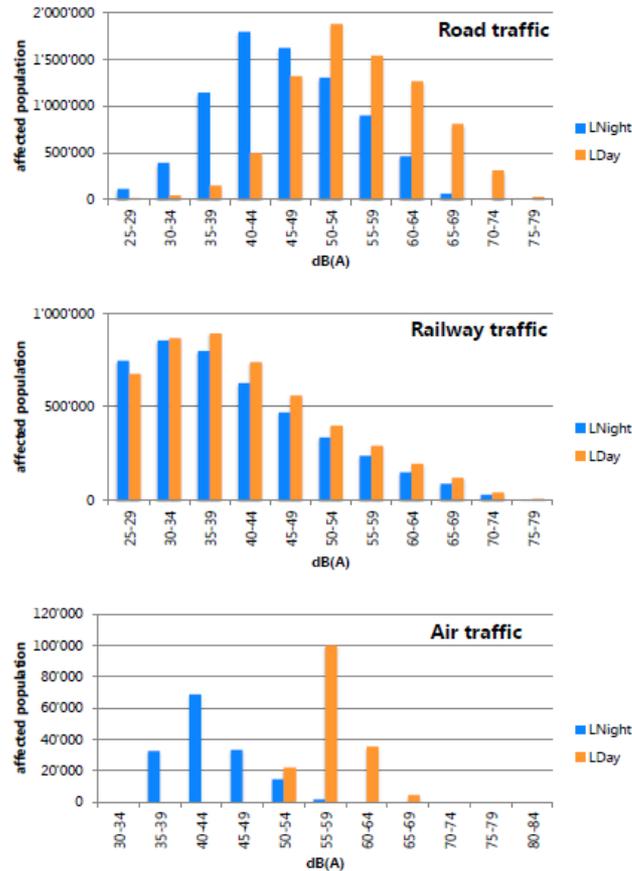


## Akute Lärmwirkung

- Hohe Schallpegel können das Gehör akut schädigen (ab 85 dB bei 8h Arbeitstag, gemäss Arbeitsstättenverordnung)
- Grund: ungenügende Sauerstoffversorgung der zum Hören notwendigen Haarzellen im Innenohr.
- Vertäubung/Tinnitus kann vorübergehend sein. Bei häufigeren Belastungen können sich die Haarzellen nicht erholen und sterben ab. ->bleibender Gehörschaden
- Dabei spielen die Lautstärke und die Hördauer eine entscheidende Rolle: Je lauter desto schneller ist das Gehör in Gefahr.



# Verkehrslärm in der Schweiz im Jahr 2011



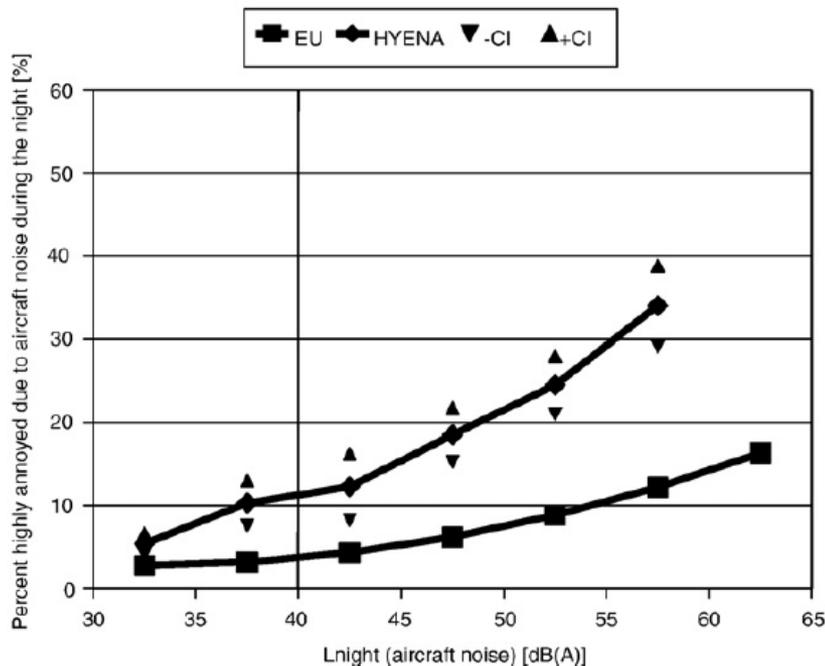
aus Karipidis et al. Noise Map, 2014

# Lärmbelästigung: Fluglärm vs. Strassenlärm

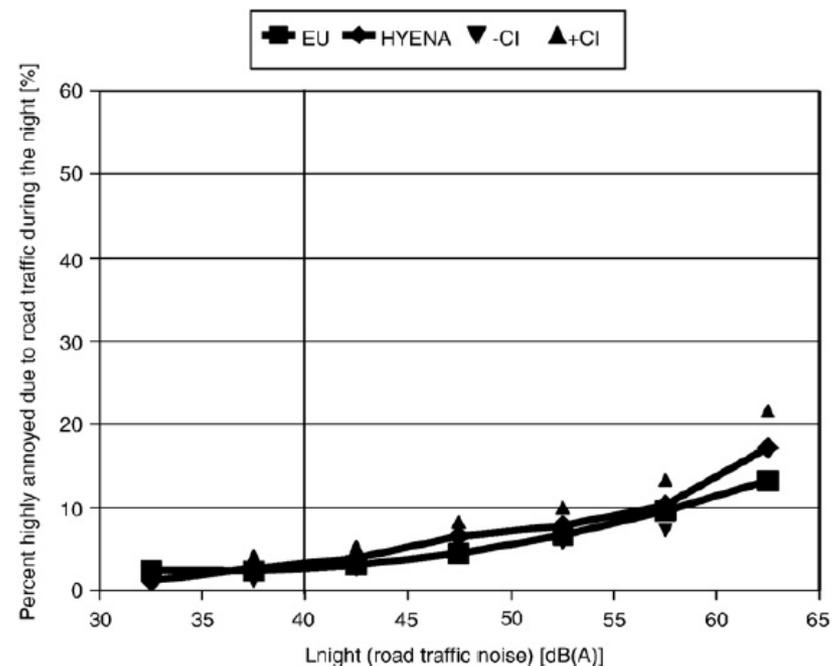
Hyena Studie (Hypertension and Exposure to Noise near Airports):

Blutdruckmessung bei 4'861 Personen im Alter zwischen 45-70 Jahre, die seit mind. 5 Jahren in der Nähe von einem grossen europäischen Flughafen wohnen (London Heathrow, Berlin Tegel, Amsterdam Schiphol, Stockholm Arlanda, Mailand Malpensa, Athen Elephterios Venizelos)

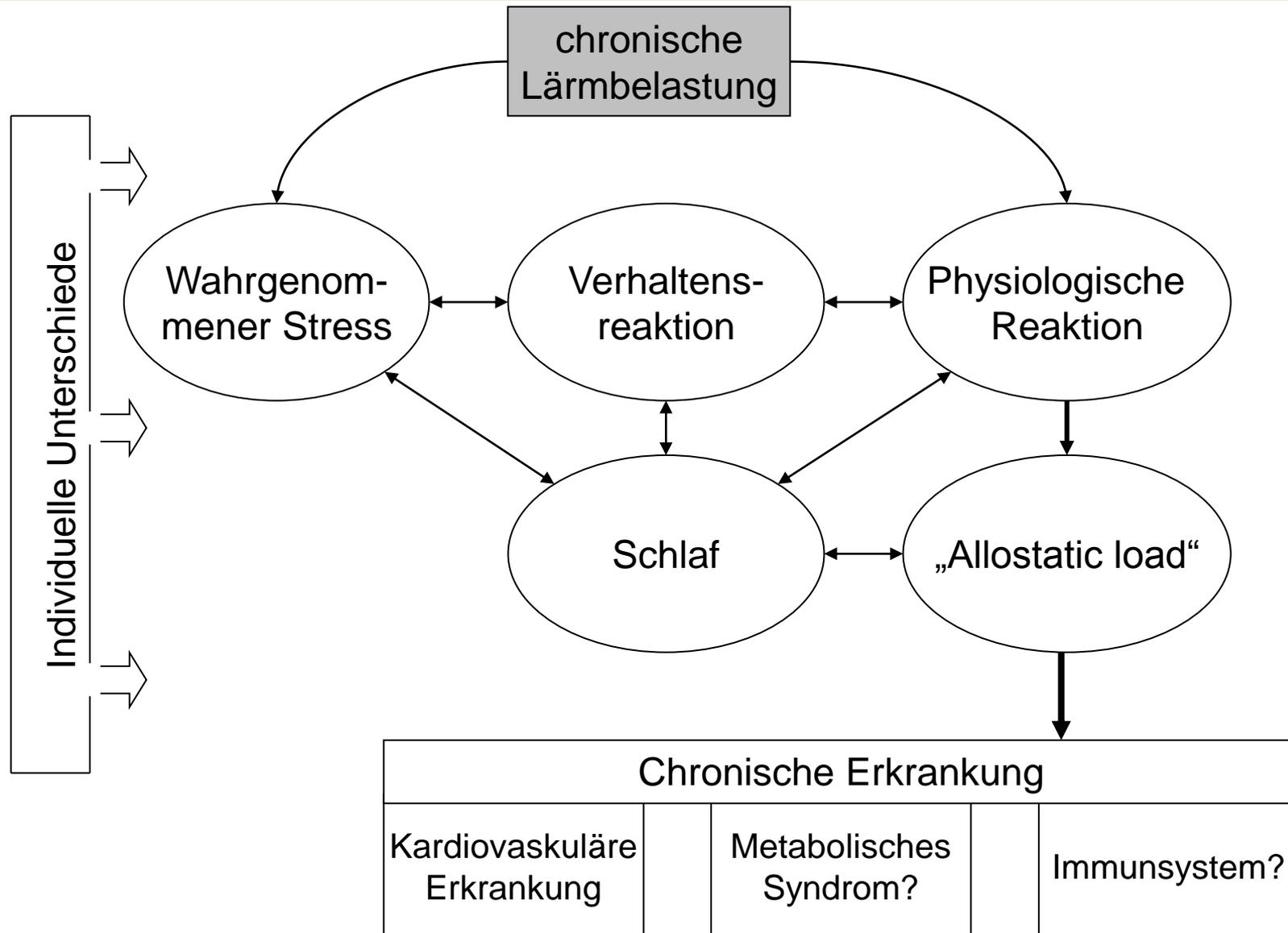
## Fluglärm:



## Strassenverkehrslärm:



Babisch et al., Env Int. 2009





## Zeitliche Wirkungsachse

### Primäre Wirkungen

z.B. Erwachen, EKG Erregung,  
Akuter Blutdruckanstieg

### Sekundäre Wirkungen

z.B. Müdigkeit, kognitive Fähigkeiten  
am nächsten Tag

### Tertiäre Wirkungen

z.B. chronisch erhöhter Blutdruck,  
Herzinfarkt, etc.

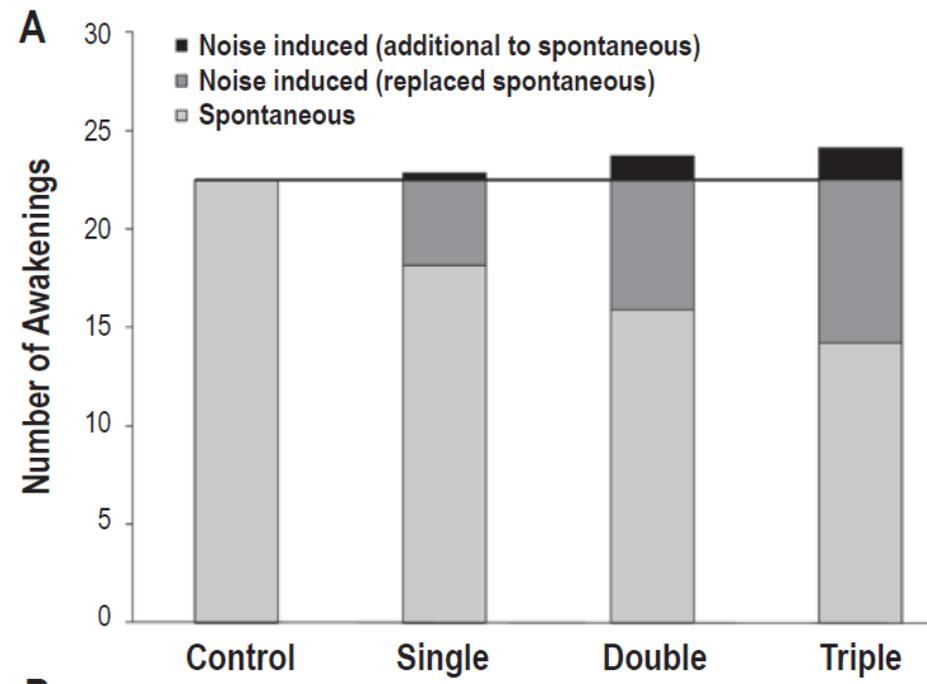


## Aufwachreaktionen

- “Single and Combined Effects of Air, Road, and Rail Traffic Noise on Sleep and Recuperation”, Basner et al, SLEEP 2011
- Laborstudie mit 74 Probanden zu Strassen-, Bahn- oder Fluglärm während 11 Nächten
- 40 Lärmereignisse pro Quelle, jeweils 8 Ereignisse mit 45, 50, 55, 60, or 65 dB(A) mit unterschiedlichen Charakteristiken (Frequenzen)
  1. Strassenlärm: Anstieg=6.3 dB/s; Dauer=20.5s
  2. Bahnlärm: Anstieg=7.1 dB/s; Dauer=25.9s
  3. Fluglärm: Anstieg=3.6 dB/s; Dauer=66.0s
- Pro Nacht entweder 1, 2, oder 3 Quellen (d.h. 40, 80 oder 120 Lärmereignisse)
- Unterschiedliche Effekte für 3 Lärmarten

## Resultate

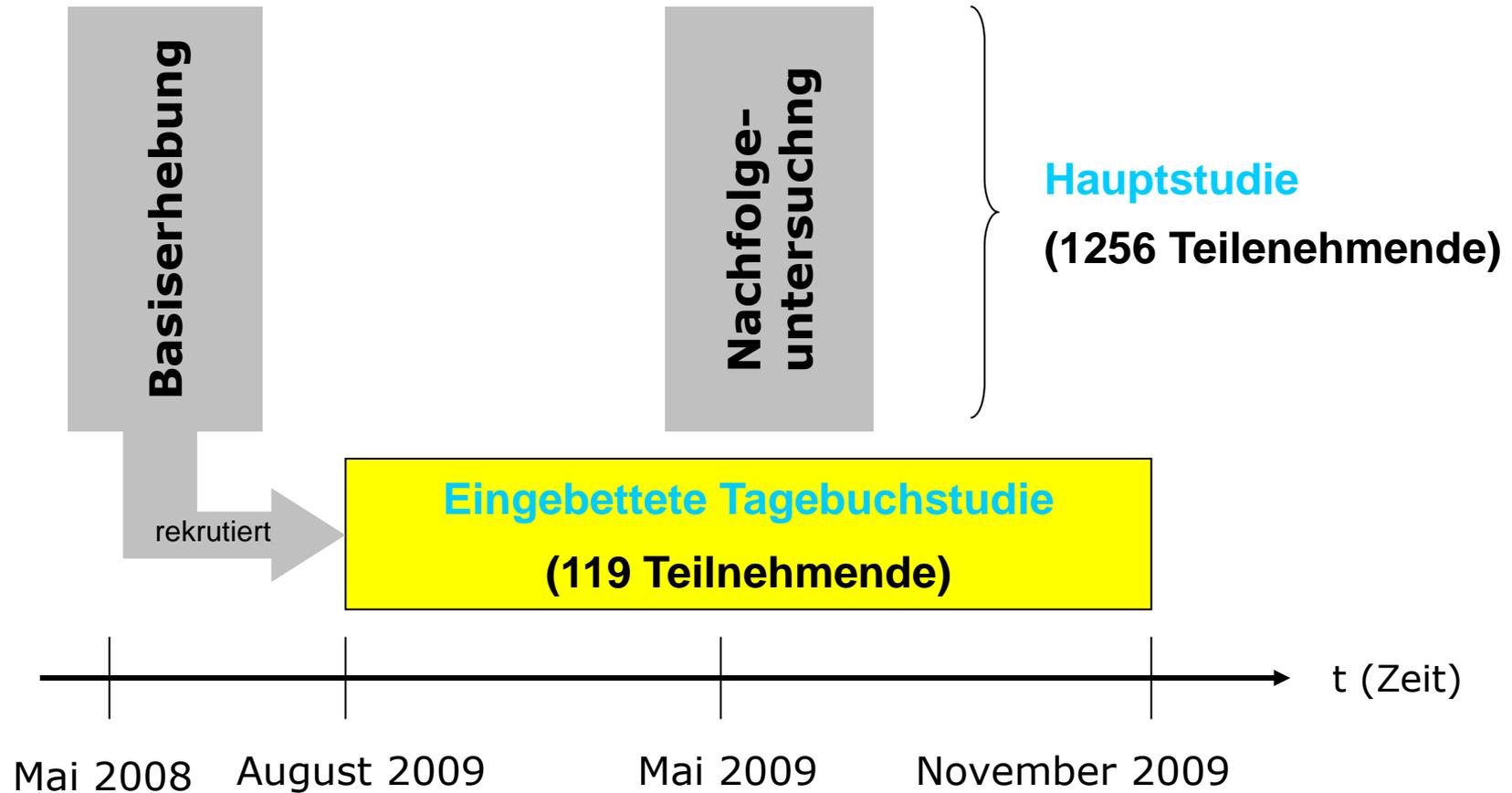
- *Subjektive Schlafqualität:* schlechter für Bahn- und Fluglärm im Vergleich zu Strassenlärm
- *Schlafstruktur, Durchschlafen:* schlechter für Strassenlärm im Vergleich zu den beiden anderen Lärmarten
- *Störung am Folgetag, Kortisolausschüttung, kardiale Erregung:* Bahn- und Strassenlärm schlechter als Fluglärm
- Keine Gewöhnung im Verlauf des Experiments



Basner et al, 2011



# Qualifex: chronische Auswirkungen den Schlaf



Frei, Mohler, Rösli, IJEH, 2014

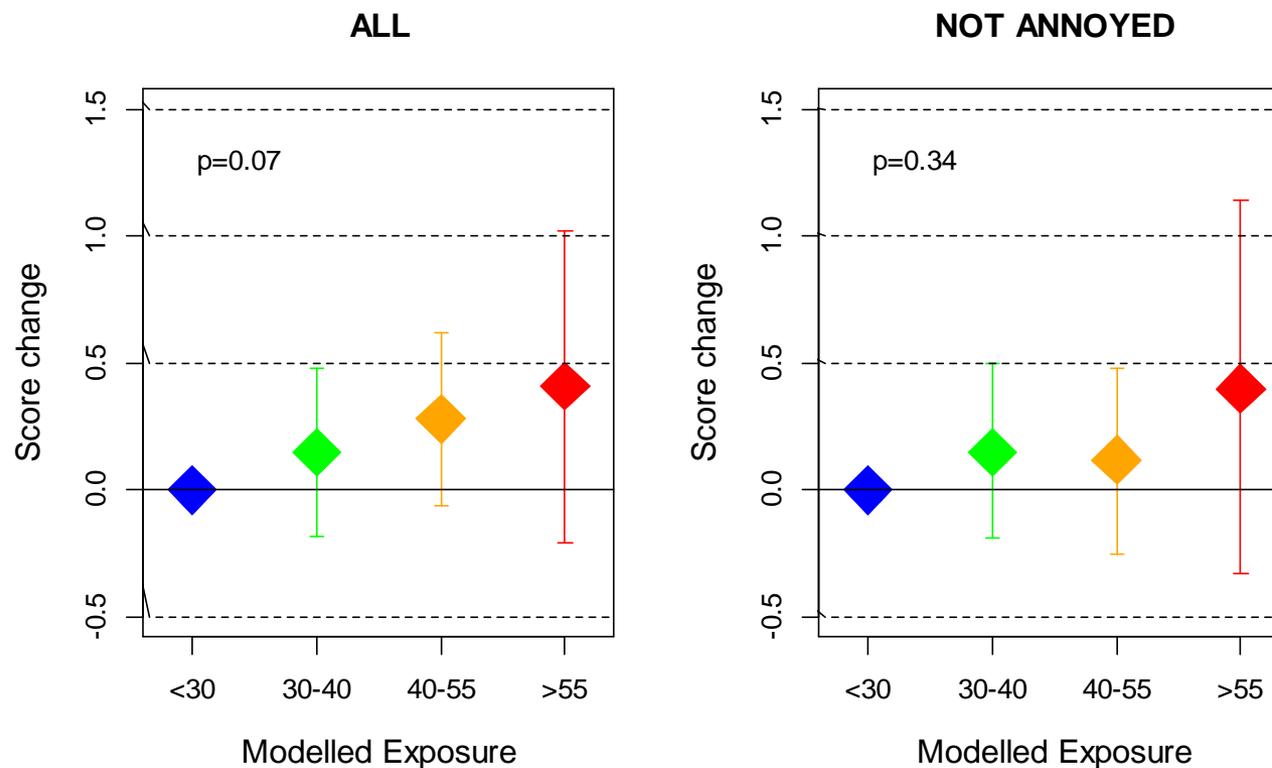
# Methode

## Subjektive Schlafqualität:

- Subjektive Schlafqualität: Score von der Schweizerischen Gesundheitsbefragung
- Objektive Schlafqualität : Aktigraphie
- Lärmbelästigung:
  1. nicht: n=557
  2. wenig: n=506
  3. ziemlich: n=144
  4. stark: n=49
- Lärmmodellierung: *Leq in der Nacht* mit CADNA\_A (STL-86 und STL-86+)

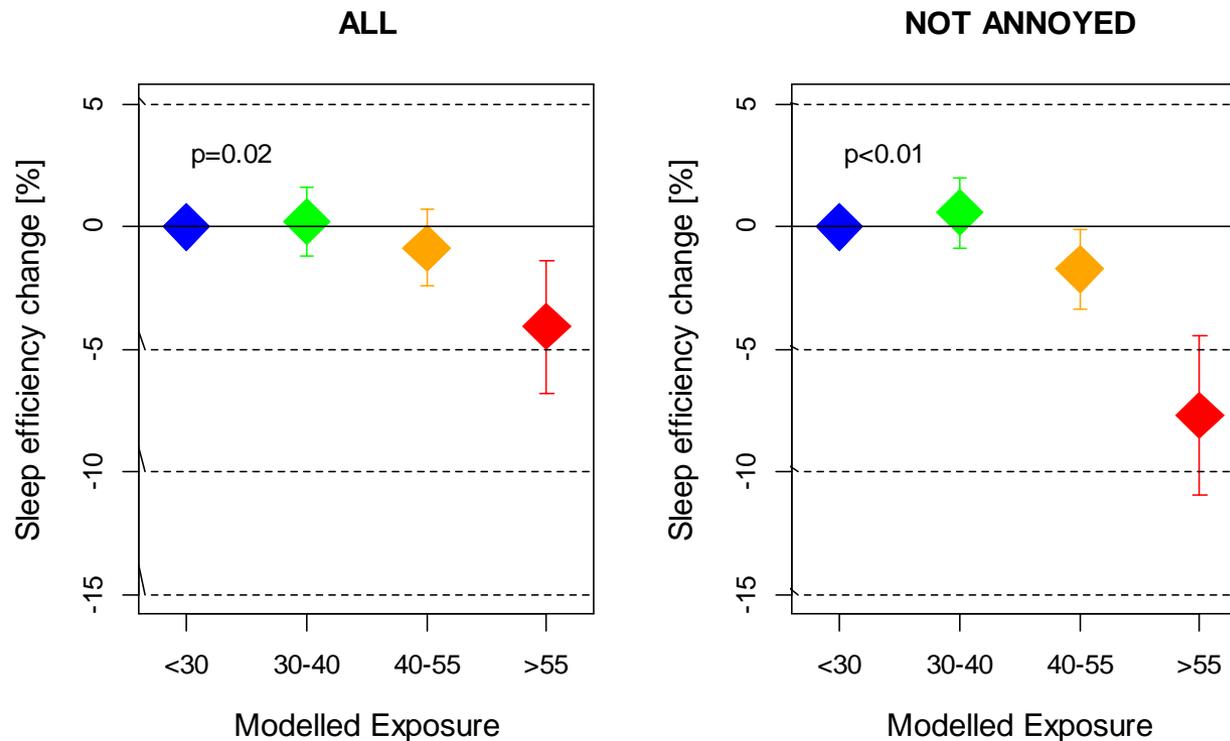


# Qualifex: Subjektive Schlafqualität und Strassenlärm in Basel



Frei, Mohler, Rösli, IJEH, 2014

# Gemessene Schlafqualität und Strassenlärm



➤ Effekt auf Schlafdauer nur bei Männern beobachtet.

Frei, Mohler, Röösli, IJEH, 2014



## ORIGINAL ARTICLE

# Aircraft Noise, Air Pollution, and Mortality From Myocardial Infarction

*Anke Huss,<sup>a,b</sup> Adrian Spoerri,<sup>a</sup> Matthias Egger,<sup>a</sup> and Martin Röösli,<sup>c,d</sup> for the Swiss National Cohort Study Group*

*(Epidemiology 2010;21: 829–836)*

From the <sup>a</sup>Institute of Social and Preventive Medicine (ISPM), University of Bern, Bern, Switzerland; <sup>b</sup>Institute for Risk Assessment Sciences, University of Utrecht, Utrecht, The Netherlands; <sup>c</sup>Department of Epidemiology and Public Health, Swiss Tropical and Public Health Institute, Basel, Switzerland; and <sup>d</sup>University of Basel, Basel, Switzerland.

## Ziel der CH Studie

- Besteht ein Zusammenhang zwischen kardiovaskulären Erkrankungen und Fluglärm?

*(unter Berücksichtigung der Luftbelastung)*



## Datenbasis

### ➤ **Nationale Kohortenstudie: SNC (Volkszählungsdaten) 2000-2008**

Mortalitätsdaten, Wohnort, Störgrößen

### ➤ **Modellierte Lärmexposition in dB(A):**

#### 1. Flughafen Zürich

Jährliche Durchschnitt zwischen 2001–2005 in 1 dB(A) Schritten mit einer Auflösung von 100\*100m.

Tag, erste(22-23:00), zweite (23-24:00) Nachtstunde, Rest der Nacht  
Expositionsmass: Ldn

#### 2. Restliche 64 Flughäfen (2 Nationale, 11 Regionale und 51 kleine Flugfelder): Bundesamt für Zivilluftfahrt (BAZL)

5dB(A) Isolinien der Lärmausbreitung

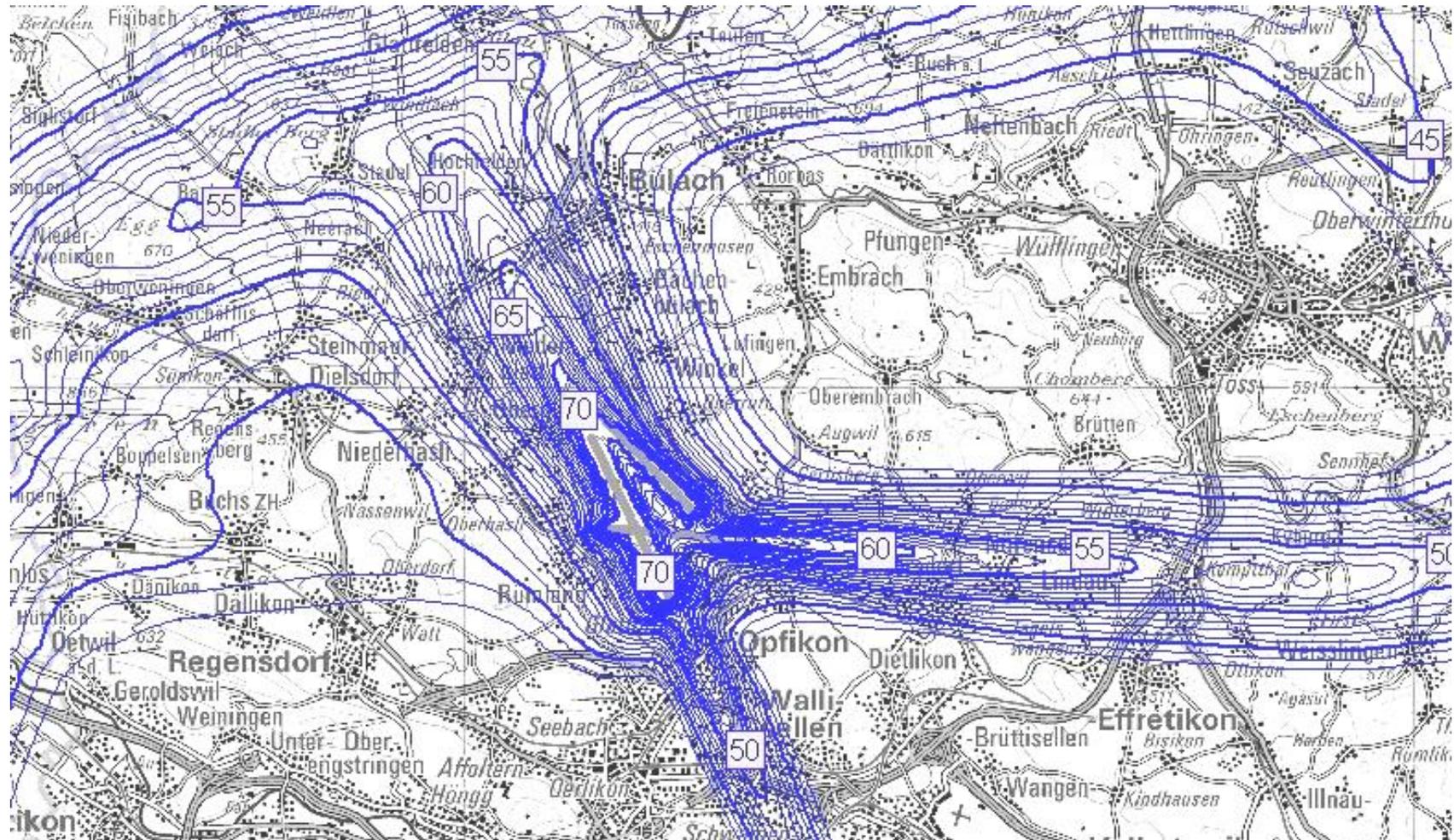
### ➤ **Luftbelastungsmodell (PM<sub>10</sub>) vom Jahr 2000, Bundesamt für Umwelt), Distanz zu Hauptverkehrsachsen**



## Methode

- **Expositionsabschätzung am Wohnort**
- **4.6 Millionen Personen älter als 30 Jahre mit 15'532 kardiovaskulären Todesfällen**
- **Analyse**
  1. Überlebenszeitanalyse, unter Berücksichtigung von Alter, Geschlecht, Zivilstand, Bildung, Sprachregion, Nationalität, Alter des Gebäudes, Urbanitätsgrad, sozioökonomischer Status der Gemeinde, Strassennähe, Hintergrundluftbelastung
- **Kontrollanalyse?**
  1. Evaluation von Lebensstilfaktoren: Lungenkrebs

# Expositionsabschätzung: Beispiel Zürich





## Resultate: Expositionsverteilung in der CH

Fluglärm ( $L_{dn}$ )	Bevölkerungs- anteil
< 45 dB	91.4%
45 - <50 dB	3.5%
50 - <55 dB	2.9%
55 - <60 dB	1.9%
$\geq 60$ dB	0.3%

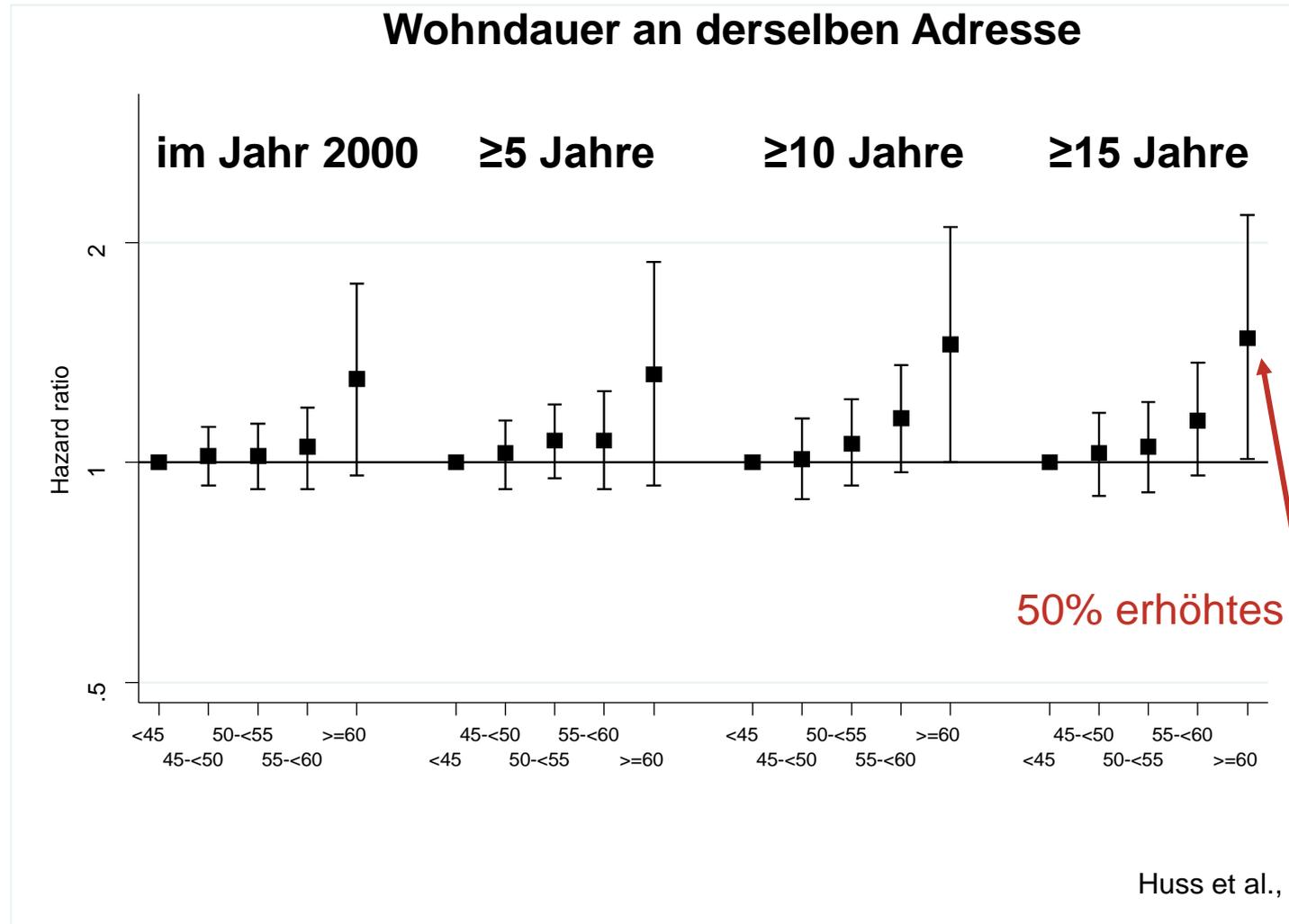


# Resultate

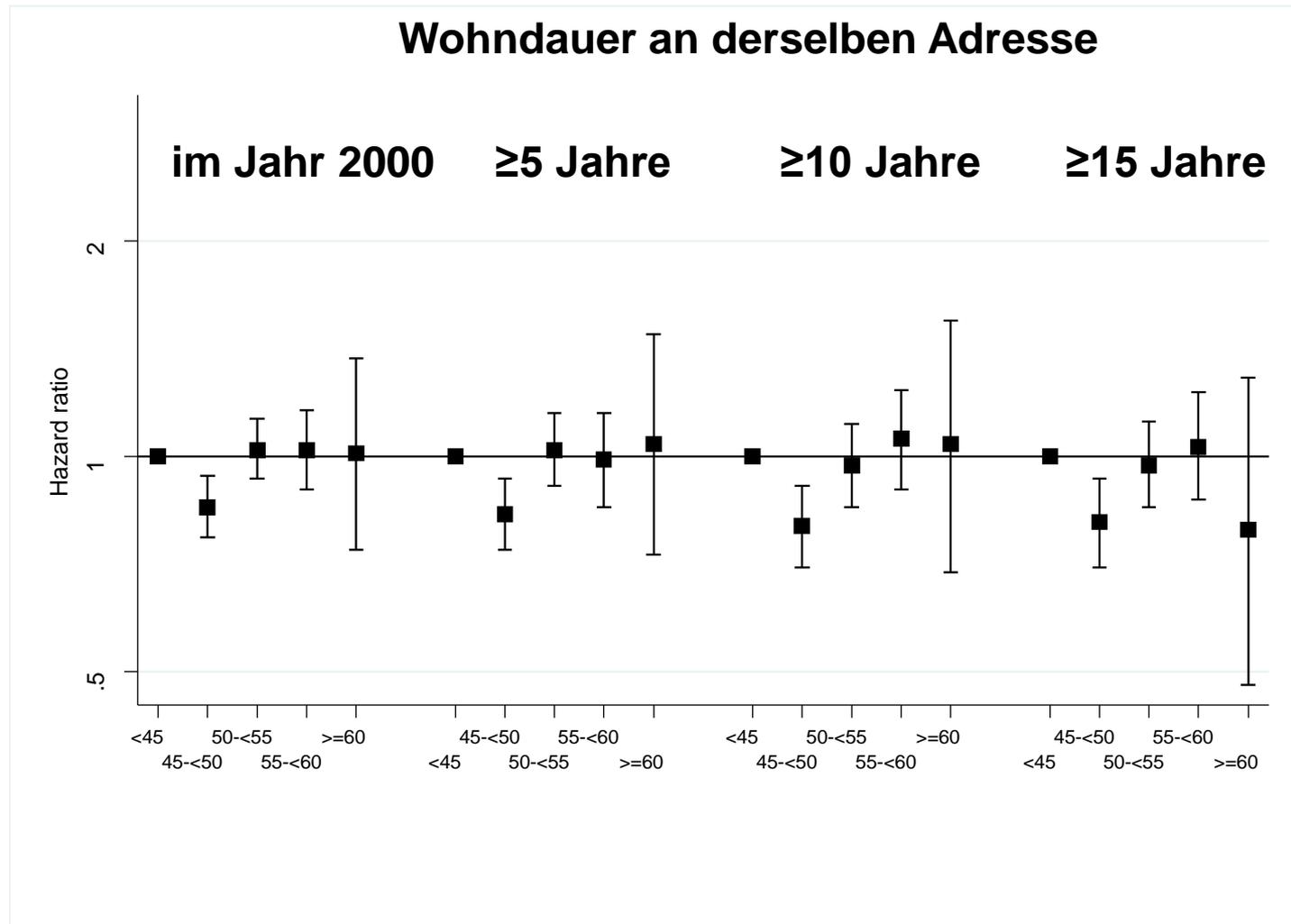
Fluglärm	kardiovaskuläre		
	Mortalität	Schlaganfall	Herzinfarkt
< 45	1 (Referenz)	1 (Referenz)	1 (Referenz)
45 - <50	1.02 (0.99–1.04)	0.97 (0.90–1.04)	1.02 (0.93-1.12)
50 - <55	1.00 (0.97–1.03)	0.97 (0.89–1.05)	1.02 (0.92-1.13)
55 - <60	1.01 (0.97–1.05)	1.06 (0.95–1.18)	1.05 (0.92-1.19)
≥ 60	0.99 (0.89–1.09)	0.83 (0.61–1.13)	1.30 (0.96-1.76)

Huss et al., Epidemiology 2010

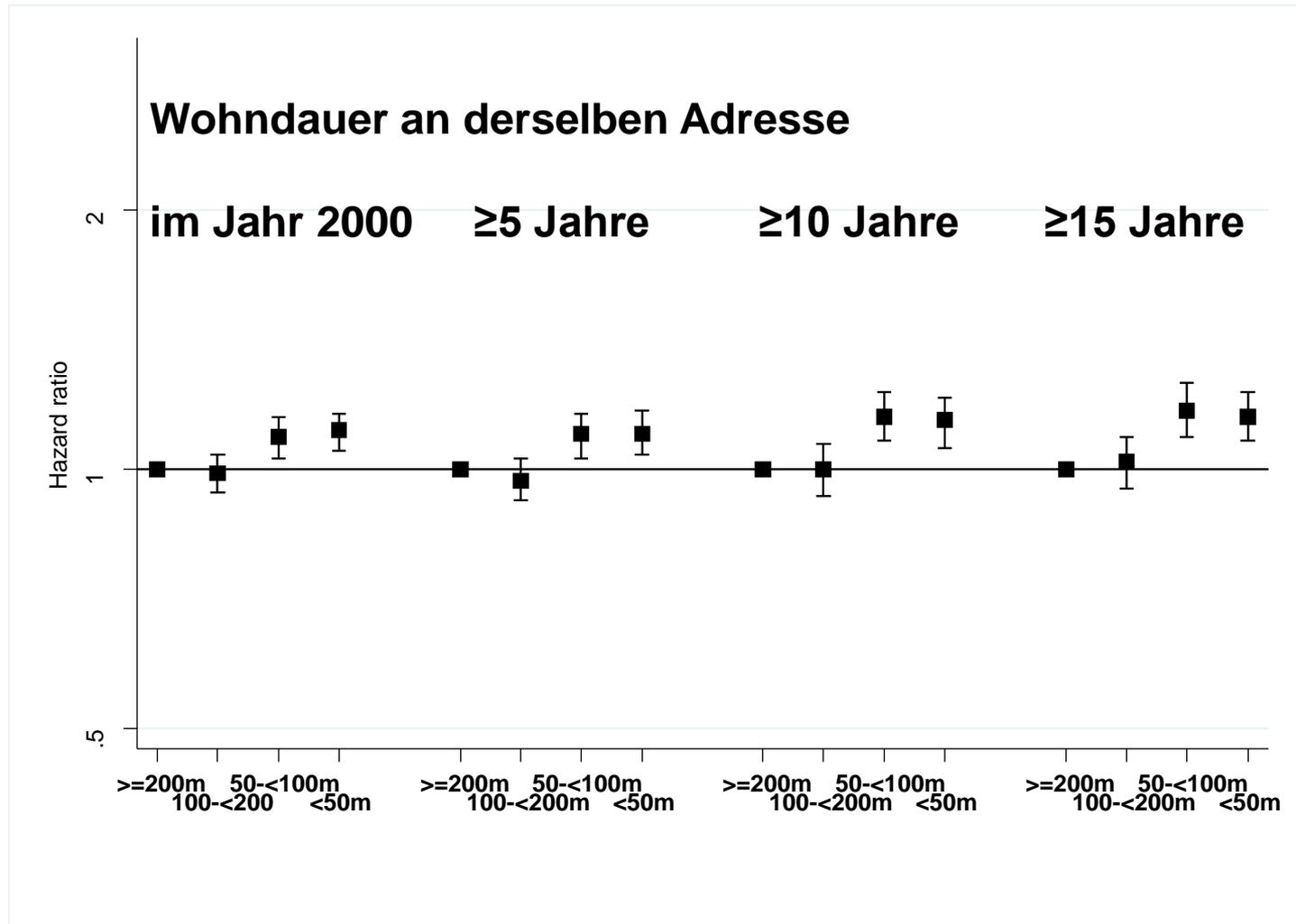
# Herzinfarkttrisiko und Wohndauer



# Kontrollanalyse: Lungenkrebs



# Herzinfarkt und Strassennähe





## RESEARCH

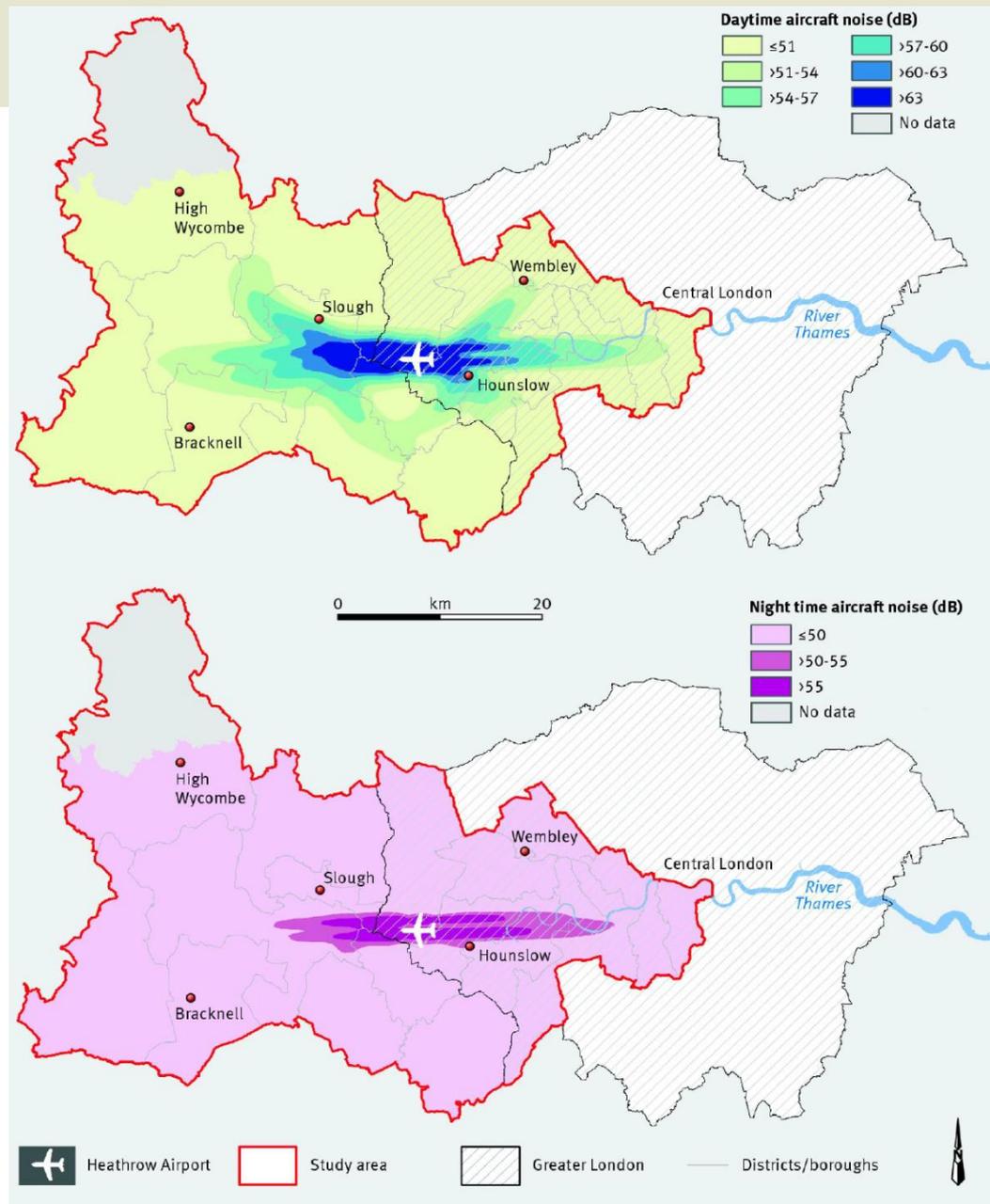
## Aircraft noise and cardiovascular disease near Heathrow airport in London: small area study



OPEN ACCESS

Anna L Hansell *assistant director*<sup>1</sup> *honorary consultant*<sup>2</sup>, Marta Blangiardo *non-clinical lecturer in biostatistics*<sup>1</sup>, Lea Fortunato *research associate*<sup>1</sup>, Sarah Floud *PhD student*<sup>1</sup>, Kees de Hoogh *senior research officer*<sup>1</sup>, Daniela Fecht *research associate*<sup>1</sup>, Rebecca E Ghosh *research associate*<sup>1</sup>, Helga E Laszlo *acoustician*<sup>1</sup>, Clare Pearson *research assistant*<sup>1</sup>, Linda Beale *honorary research fellow*<sup>1</sup>, Sean Beevers *senior lecturer in air quality modelling*<sup>3</sup>, John Gulliver *lecturer in environmental science*<sup>1</sup>, Nicky Best *professor in statistics and epidemiology*<sup>1</sup>, Sylvia Richardson *visiting professor in biostatistics*<sup>1</sup> *director*<sup>4</sup>, Paul Elliott *director*<sup>1</sup>

<sup>1</sup>UK Small Area Health Statistics Unit, MRC-PHE Centre for Environment and Health, Dept Epidemiology and Biostatistics, School of Public Health, Imperial College London, W2 1PG, UK; <sup>2</sup>Imperial College Healthcare NHS Trust, London, UK; <sup>3</sup>Environmental Research Group, MRC-PHE Centre for Environment and Health, King's College London, UK; <sup>4</sup>MRC Biostatistics Unit, Cambridge, UK



Hansell et al., BMJ 2013

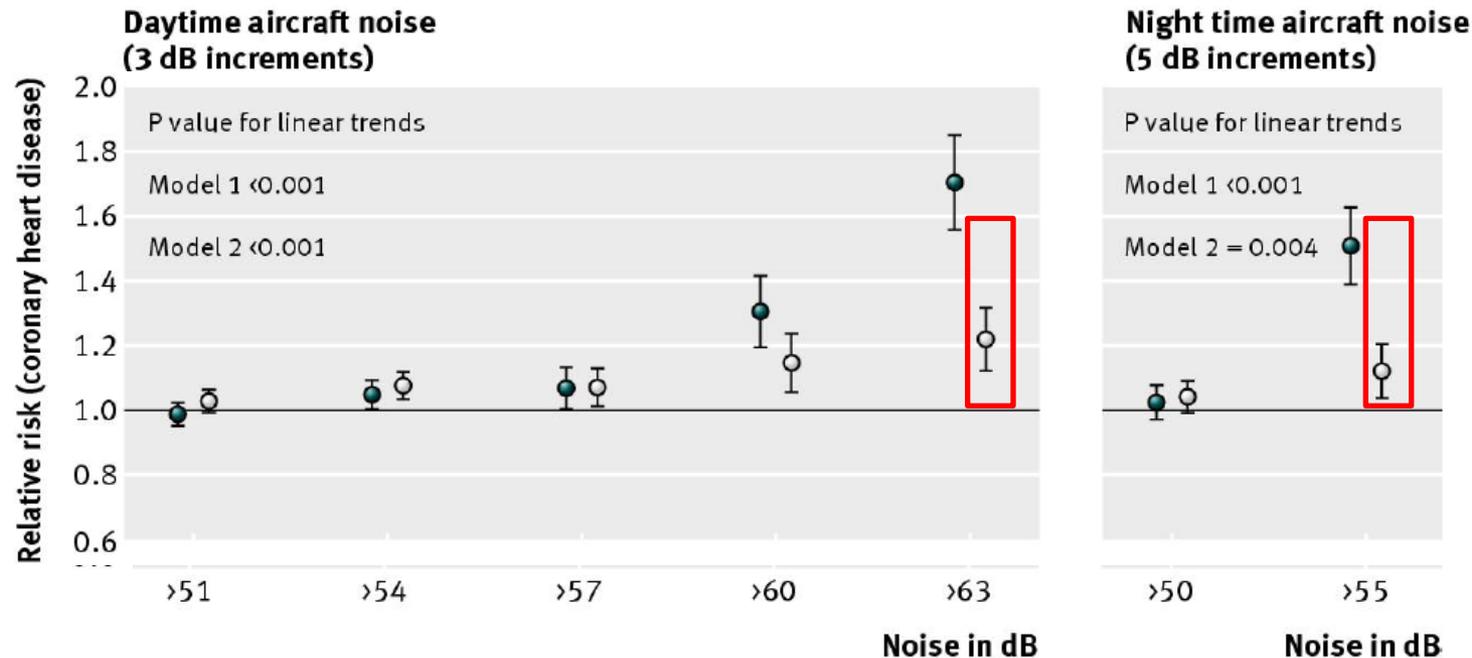


## Heathrow-Studie: Datenbasis/Methode

- Population: 3.6 Millionen
- Studienperiode: 2001-2005
- Effekte: 189'226 Spitaleinweisungen und 48'347 Todesfälle wegen Herz-/Kreislaufkrankungen
- Expositionsabschätzung: Mit ANCON modellierte Tag-/Nachtlärm-Mittelwerte pro Gebiet von ca. 300 Adressen/0.13 km<sup>2</sup> Grösse (census output-area)
- Ko-Faktoren: Alter, Geschlecht sowie Ethnie, Einkomen und Lungenkrebsrate pro Gebiet

# Spitaleinweisungen wegen ischämischen Herzerkrankungen

- Model 1: age, sex, random effects
- Model 2: age, sex, South Asian and black ethnicity, Carstairs deprivation category, lung cancer, random effects



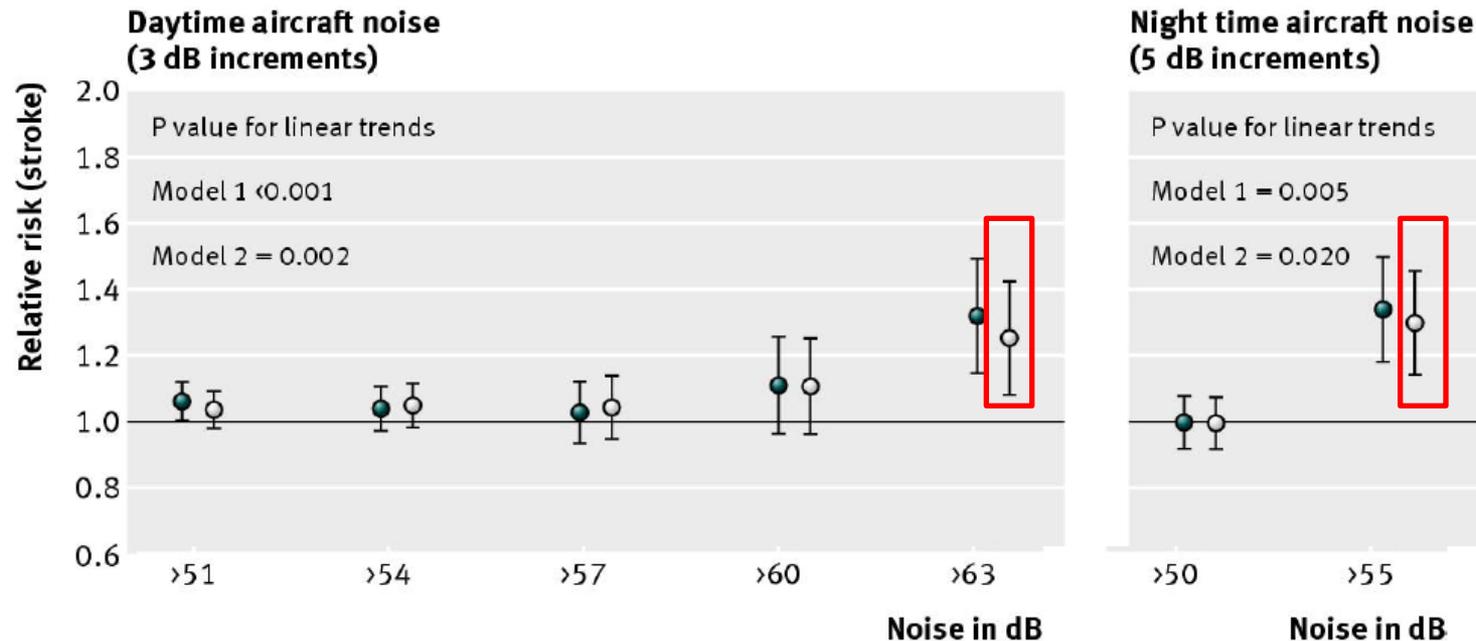
Ähnliche Resultate für Mortalität wegen ischämischen Herzerkrankungen

Hansell et al., BMJ 2013



# Spitaleinweisungen wegen Schlaganfall

- Model 1: age, sex, random effects
- Model 2: age, sex, South Asian and black ethnicity, Carstairs deprivation category, lung cancer, random effects



Ähnliche Resultate für Mortalität wegen Schlaganfällen

Hansell et al., BMJ 2013



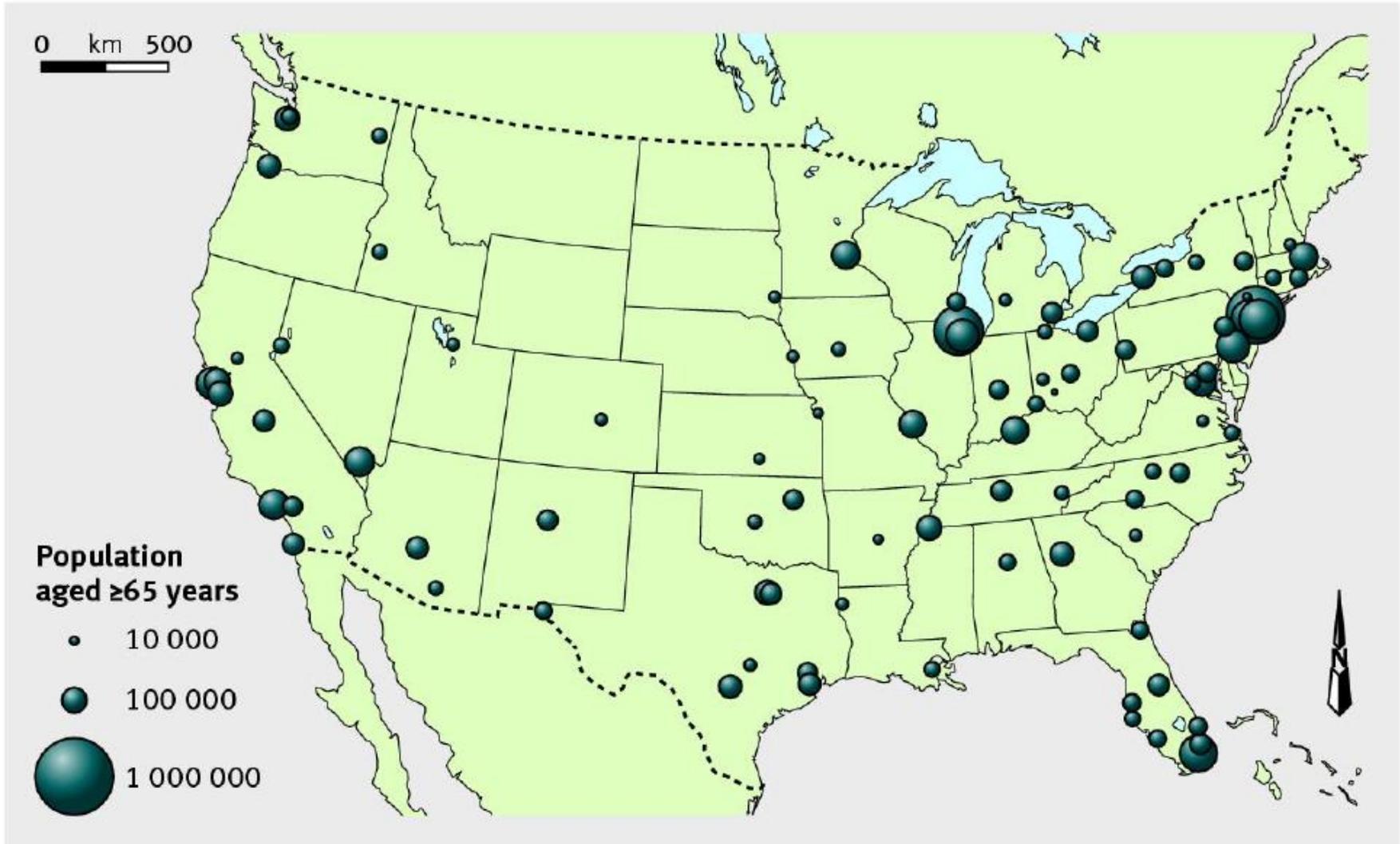
## RESEARCH

# Residential exposure to aircraft noise and hospital admissions for cardiovascular diseases: multi-airport retrospective study

 OPEN ACCESS

Andrew W Correia *quantitative analyst*<sup>1</sup>, Junenette L Peters *assistant professor*<sup>2</sup>, Jonathan I Levy *professor*<sup>2</sup>, Steven Melly *geographic information systems specialist*<sup>3</sup>, Francesca Dominici *professor, associate dean of information technology*<sup>4</sup>

<sup>1</sup>NMR Group, Somerville, MA, USA ; <sup>2</sup>Department of Environmental Health, Boston University School of Public Health, Boston, MA, USA; <sup>3</sup>Department of Environmental Health, Harvard School of Public Health, Boston; <sup>4</sup>Department of Biostatistics, Harvard School of Public Health, Boston, MA 02115-6018, USA

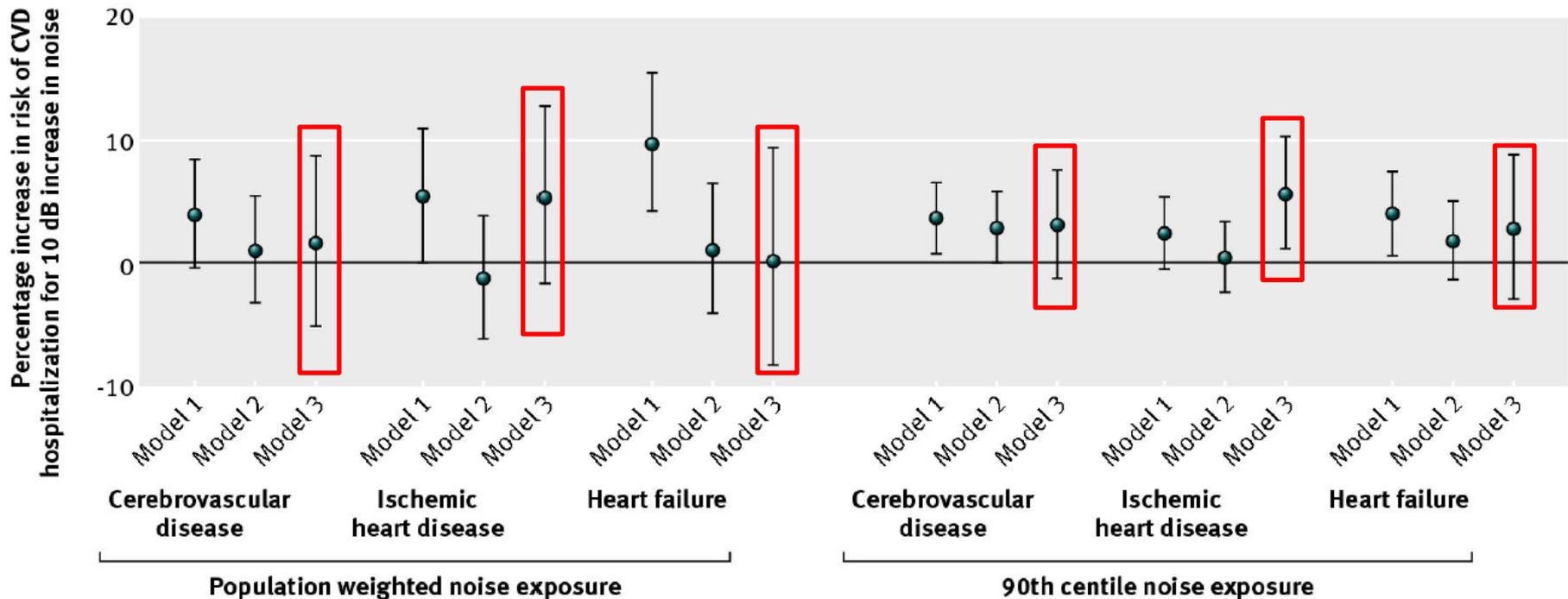




## Amerikanische Flughafenstudie: Datenbasis/Methode

- Population: 6 Millionen Personen 65 Jahre und älter
- Studienperiode: 2009
- Effekte: 380'000 Spitaleinweisungen wegen Herz-/Kreislaufkrankungen (80'000 wegen Schlaganfällen und 94'000 wegen ischämischen Herzerkrankungen)
- Expositionsabschätzung: Mit INL 7.0a modellierte  $L_{dn}$ -Werte pro Zensus-Block aggregiert pro Postleitzahlgebiet (ca. 3'000 Personen): Mittelwert und 90. Perzentil pro Postleitzahlgebiet berechnet.
- Ko-Faktoren: Alter, Geschlecht, Ethnie, sowie Einkommen, Feinstaub und Ozon pro Postleitzahlgebiet

# Spitaleinweisungen: Risikoanstieg pro 10 dB $L_{dn}$

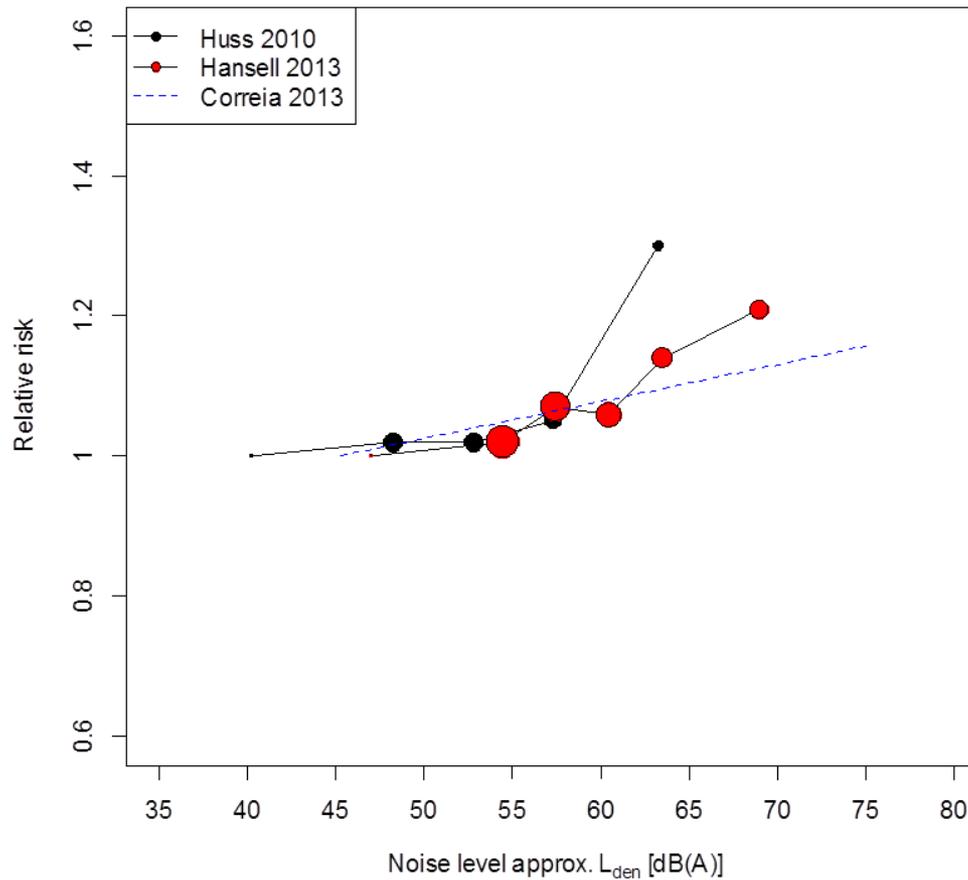


Hinweise für einen Schwellenwert von 55 dB ( $L_{dn}$ , 90 Perzentil)

Correia et al., BMJ 2013

# Herzinfarkt und Fluglärm: alle Studien

Aircraft noise



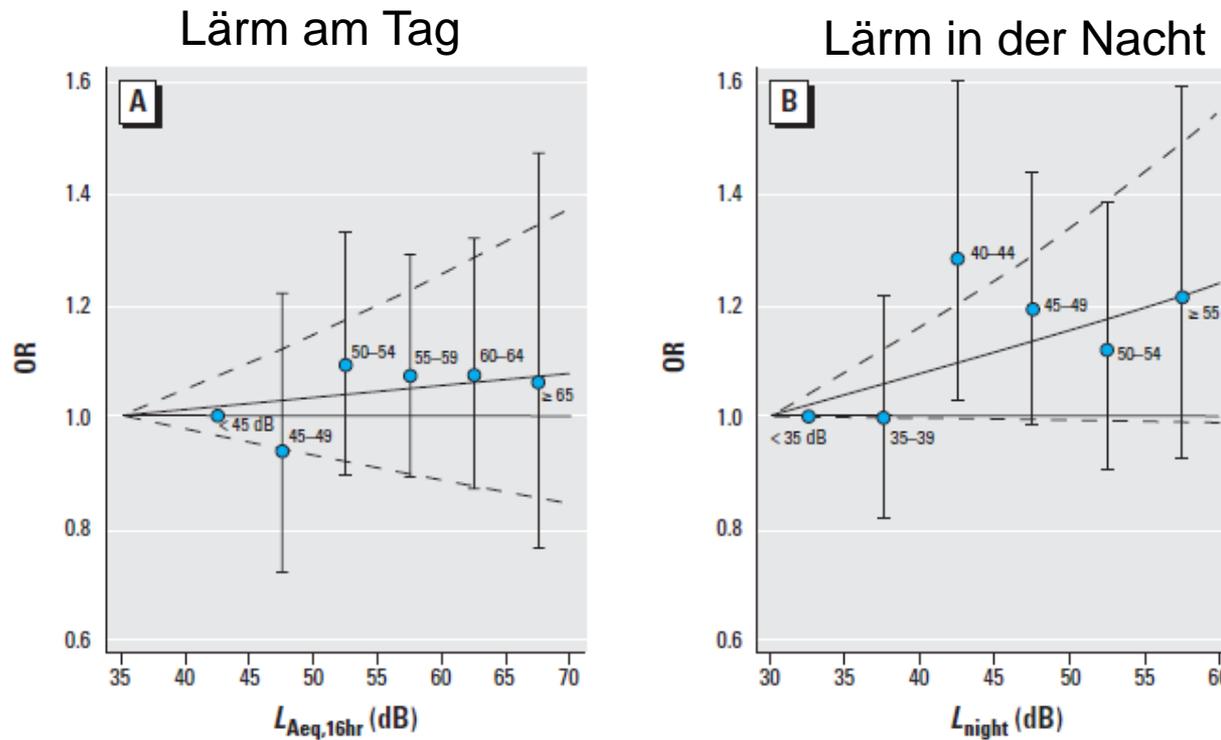
Vienneau et al. submitted



## Bluthochdruck: Resultate der Hyena Studie

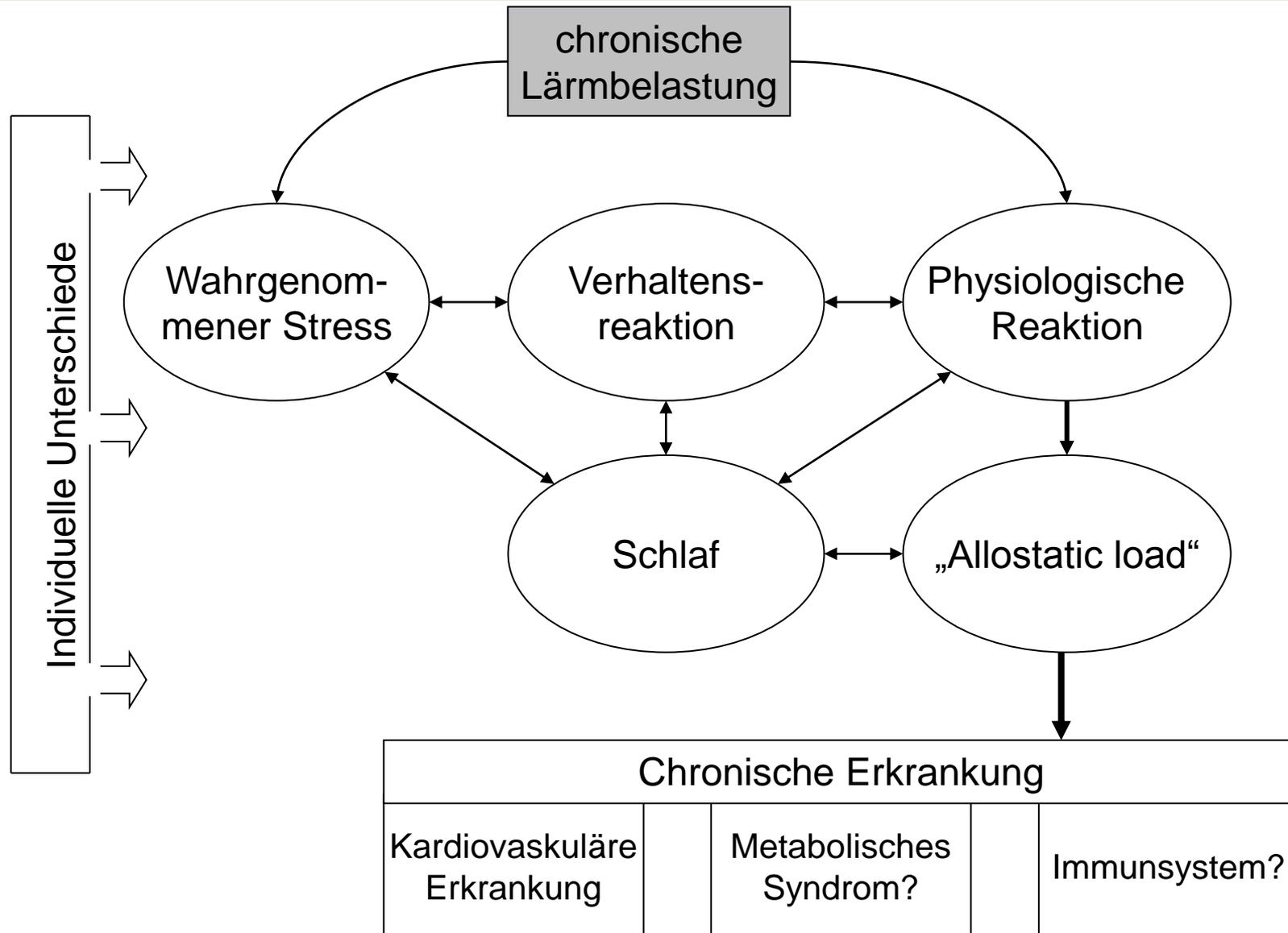
- Akuter Effekt: Signifikante Zunahme des Blutdrucks (6.2 mmHg systolisch und 7.4 mmHg diastolisch) im 15-Minutenintervall eines Flugzeugsüberflugs sowie eine nicht-signifikante Zunahme der Herzfrequenz um 5.4 Schläge pro Minute (Haralabidis et al., 2008)
- Chronischer Effekt: In Grossbritannien und Holland nahm der Gebrauch von Bluthochdrucksenkungsmittel in Abhängigkeit vom Fluglärm zu (Floud et al. 2010).
- Chronisch: Risiko für Bluthochdruck steigt signifikant um 14% pro 10 dB nächtlicher Fluglärm (Jarup et al. 2008).

# Blutdruck und Fluglärm in Hyena



Jarup et al. 2008

Meta-Analyse von 10 Fluglärmstudien zu Bluthochdruck: pro 10 dB nimmt das Risiko für Bluthochdruck statistisch signifikant um 13% zu (Babisch und Van Kamp, 2009).





## Stressreaktionen, mentale Gesundheit

- Hyena Studie: bei hoch exponierte Frauen (>60dB) war die Kortisolkonzentration im Speichel 34% höher als bei tief exponierten Frauen ( $\leq 50$  dB) (Selander et al. 2009)
- In der Hyena Studie bestand ein Zusammenhang zwischen der Einnahme von angstlösenden Medikamenten und Fluglärm (Floud et al. 2010).
- Schweizer Qualifexstudie: Neuerkrankungen innerhalb von einem Jahr pro 10 dB Anstieg in der Strassenlärmbelastung:

	Ausgangs- population	Neuer- krankungen	relatives Risiko*	95% Konfidenz- intervall
<b>Diabetes</b>	1084	8	1.79	0.85 – 3.77
<b>Depression</b>	982	31	1.41	0.95– 2.09
<b>Suchterkrankung</b>	1091	6	1.24	0.50– 3.07

\* adjustiert für Alter, Geschlecht und Rauchen

Röösli et al. ISEE 2014

# Fluglärm und Lesefähigkeit bei Kindern

Querschnittsstudie bei 2844 Kindern im Alter von 9–10 Jahre, welche eine von 89 Schulen in der Umgebung eines Flughafens in Holland, Spanien oder Grossbritannien besuchen.

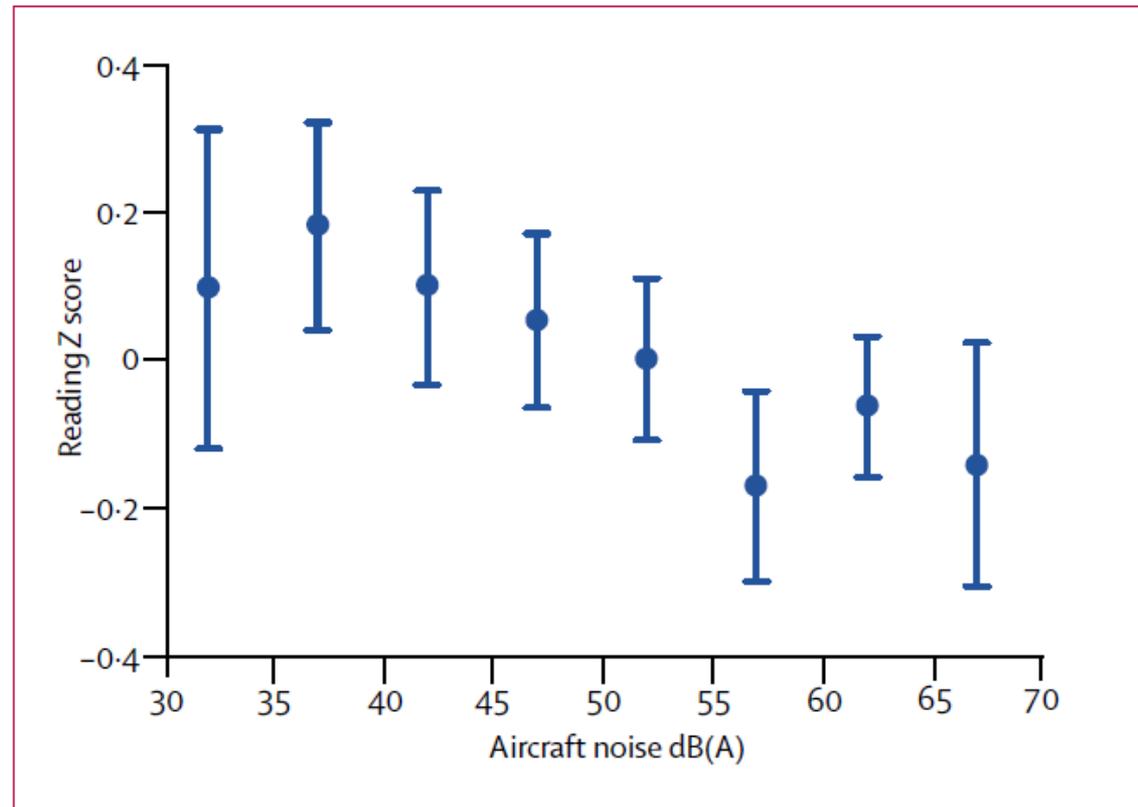


Figure 1: Adjusted mean reading Z score (95% CI) for 5 dB bands of aircraft noise (adjusted for age, sex, and country)

Stansfeld et al., Lancet, 2005



STIMMUNG  
NEU

WETTER  
10°C  
FRANKFURT

JETZT TESTEN  


BILD.SHOP  


COMMUNITY  


LOGIN  


[BILDplus](#)
[NEWS](#)
[POLITIK](#)
[GELD](#)
[UNTERHALTUNG](#)
[SPORT](#)
[BUNDESLIGA](#)
[LIFESTYLE](#)
[RATGEBER](#)
[REISE](#)
[AUTO](#)
[DIGITAL](#)
[SPIELE](#)
[REGIO](#)
[VIDEO](#)

06.11.2014 - 15:34 UHR HOME » RATGEBER » GE SUNDHEIT » NORAH-STUDIE: WIE LÄRM UNS UND UNSERE KINDER KRANK MACHT

**NORAH-STUDIE**

# Lärm lässt Kinder langsamer lesen lernen



Lärm hat nicht nur Auswirkungen auf das Gehör, sondern auch auf die Leistungs- und Konzentrationsfähigkeit  
Foto: dpa

ANZEIGE

redvertisement performance

Jetzt unverbindlich Offerte rechnen.  
→ Los geht's!

Sanitas - Ein Leben lang. Jetzt unverbindlich Offerte rechnen -> Los geht's!  
www.sanitas.ch

**MÖVENPICK** Entdecken Sie unsere Neuheiten...  
www.moevenpick-wein.com

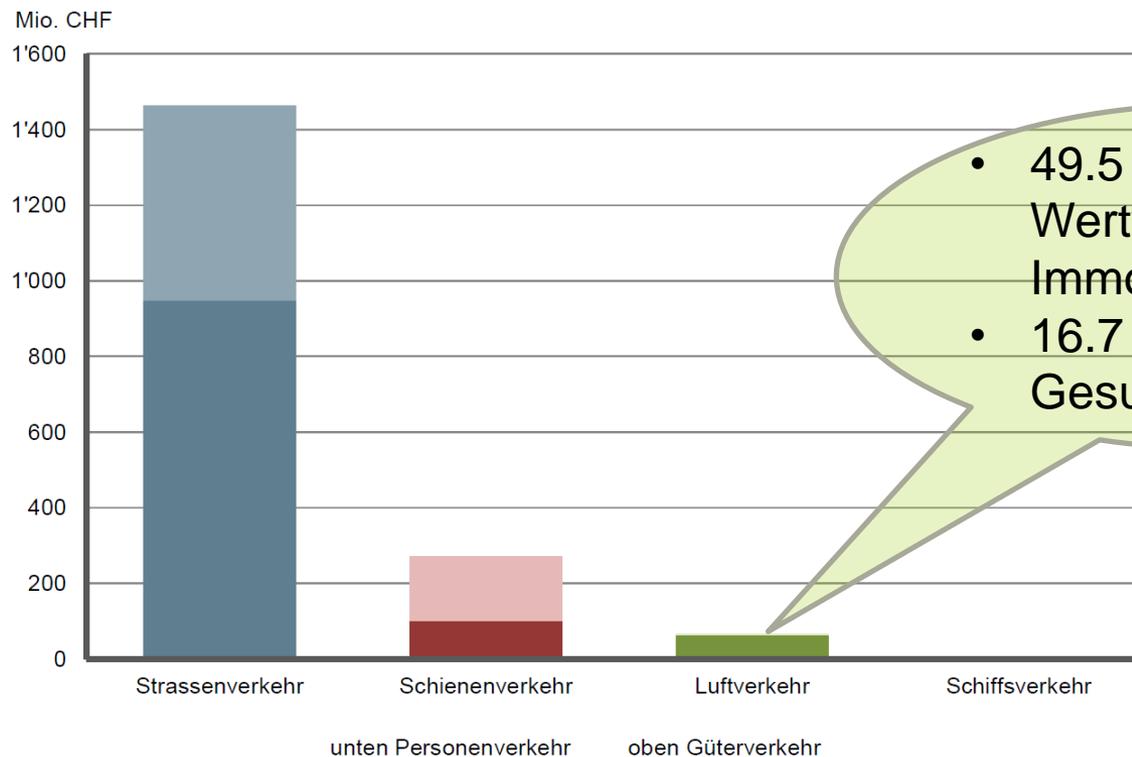
 Profitieren Sie von diskreter Beratung und schnellen Entscheidungen.  
jetzt berechnen

DAS KÖNNTE SIE AUCH INTERESSIEREN



# Externe und sozialen Kosten des Verkehrslärm

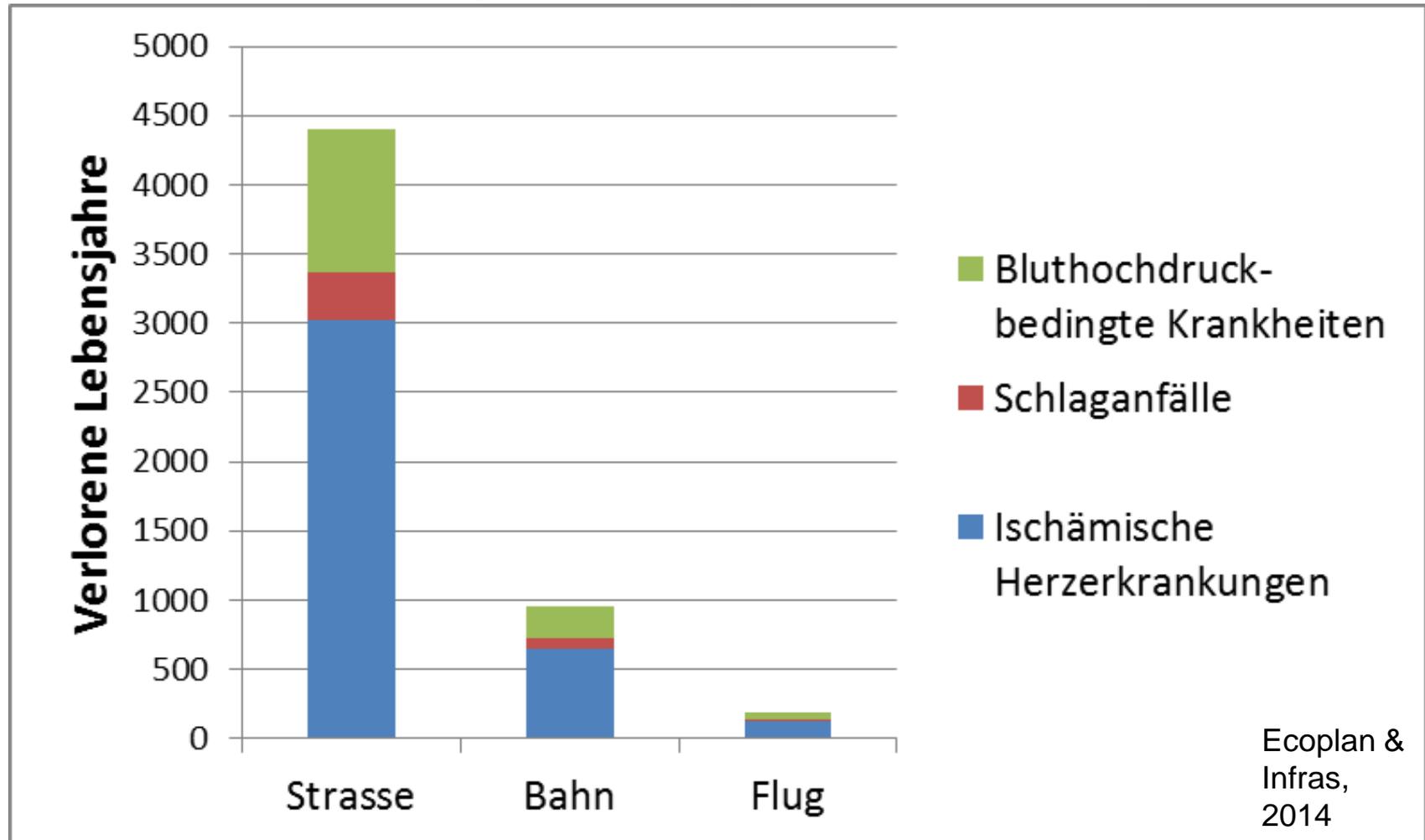
Schweizer Studie: berücksichtigt, medizinische Behandlungskosten, Nettoproduktionsausfall, Wiederbesetzungskosten, immaterielle Kosten infolge Verkürzung der Lebenserwartung und Krankheitsfälle sowie Abnahme der Wohnungspreise wegen Lärmbelastung



Ecoplan & Infrac, 2014



## Verlorene Lebensjahre: Vergleich der Lärmquellen





# Gesundheitsauswirkungen in absoluten Zahlen

Krankheitsfälle	TOTAL	Strassenverkehr			Schienenverkehr			Luftverkehr
		Total	Schwere Nutzfahrzeug	Restverkehr	Total	Personen- verkehr	Güter- verkehr	Total
<b>Ischämische Herzkrankheiten</b>								
Hospitalisationen (stationär)	1'929	1'528	408	1'120	335	137	198	65
Anzahl Spitaltage (stationär)	13'789	10'926	2'920	8'006	2'397	981	1'416	466
<b>Bluthochdruck bedingte Krankheiten</b>								
Hospitalisationen (stationär)	460	364	97	267	81	33	48	16
Anzahl Spitaltage (stationär)	4'068	3'217	860	2'357	713	292	421	139
Ambulante Behandlungen (> 15-Jährige)	77'683	61'426	16'414	45'012	13'608	5'569	8'039	2'648
<b>Schlaganfall</b>								
Hospitalisationen (stationär)	258	205	55	150	44	18	26	9
Anzahl Spitaltage (stationär)	4'570	3'629	970	2'659	788	322	466	153
<b>Total Hospitalisationen</b>	<b>2'647</b>	<b>2'097</b>	<b>560</b>	<b>1'537</b>	<b>460</b>	<b>188</b>	<b>272</b>	<b>89</b>
<b>Total Spitaltage</b>	<b>22'427</b>	<b>17'772</b>	<b>4'749</b>	<b>13'023</b>	<b>3'898</b>	<b>1'595</b>	<b>2'303</b>	<b>757</b>
<b>Total ambul. Behandlungen</b>	<b>77'683</b>	<b>61'426</b>	<b>16'414</b>	<b>45'012</b>	<b>13'608</b>	<b>5'569</b>	<b>8'039</b>	<b>2'648</b>

Ecoplan & Infrac,  
2014



## Gesundheitliche Folgen dauernder Lärmbelastung

- Führt zu Belästigungen
- Es gibt keine Gewöhnung an Lärm.
- Auch wer sich nicht gestört fühlt, zeigt physiologische Reaktionen
- Störungen des Schlafs und der Erholung
- Erhöhtes Risiko für Bluthochdruck und Herzinfarkt und ev. andere Herz-Kreislaufkrankungen
- Mögliche: Einflüsse auf den Metabolismus inkl. Diabetes
- Möglich: Störungen des Lernens und der kognitiven Leistung (insbesondere auch Kinder)
- Möglich: Veränderung der emotionalen Stimmungslage bis hin zu psychischen Auffälligkeiten



## Offene Fragen

- Welche Herz-Kreislaufkrankungen sind betroffen?
- Inwiefern sind auch metabolische und mentale Erkrankungen betroffen?
- Dosis-Wirkungsbeziehung: ab welcher Belastung tritt Schädigung ein?
- Ist Dosis-Wirkungsbeziehung für verschiedene Lärmarten unterschiedlich?
- Gibt es Zeiten (in der Nacht), wo die Lärmbelastung besonders schädigend wirkt?
- Welche Personen sind einem erhöhten Risiko ausgesetzt?
- Wird die Expositions-Wirkungsbeziehung unterschätzt wegen Ungenauigkeiten in der Abschätzung der Lärmbelastung?

## SiRENE

### Kurz- und langfristige Auswirkungen der Verkehrslärmbelastung:

Interdisziplinäre Studie seit 2014 (bis Ende 2016)

### Konsortium (Leitung: Martin Röösli):

- ❖ Subprojekt 1: Exposure: Jean-Marc Wunderli (EMPA), Mark Brink (BAFU), Micha Knöpfli (n-Sphere AG)
- ❖ Subprojekt 2: Schlaflabor: Christian Cajochen (Centre for Chronobiology, Psychiatric Hospital of the University of Basel)
- ❖ Subprojekt 3: Epidemiologie: Nicole Probst-Hensch, Martin Röösli, Danielle Vienneau (Swiss TPH)



## Ziele

- Besseres Verständnis zu den Langzeitauswirkungen von Verkehrslärm
- Im Speziellen
  1. Was ist die Expositions-Wirkungsbeziehung für Strassen-, Bahn- und Fluglärm mit Belästigung, Schlafstörungen und kardiometabolischen Risikofaktoren inkl. kardiovaskuläre Mortalität?
  2. Was für eine Rolle spielt die Art des Lärms wie Quelle, Level, Zeit, Verlauf etc.?
  3. Welche Personen reagieren besonders empfindlich auf Lärm?
  4. Welche pathophysiologischen Wirkungspfade sind besonders relevant?