

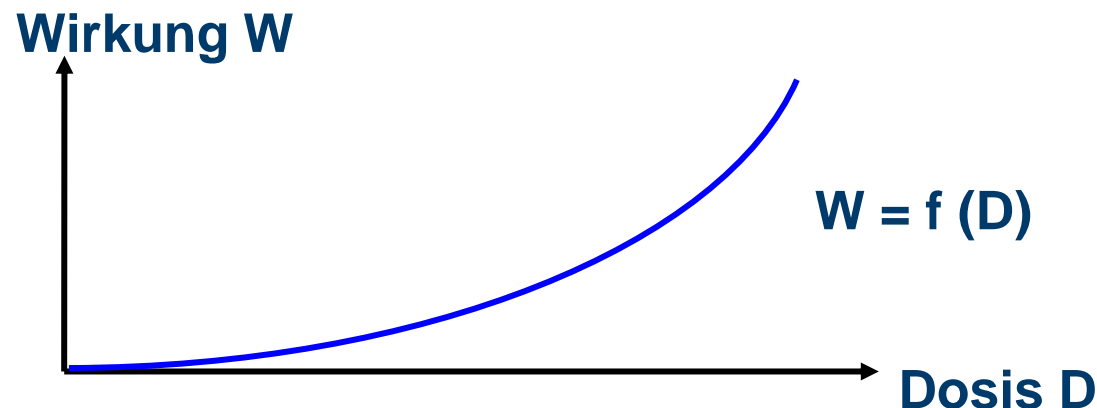
# Gesundheitliche und soziale Auswirkungen von Lärm

**M. Jäcker-Cüppers**  
Vorsitzender des Arbeitsrings Lärm der DEGA (ALD)

**1. Workshop Lärm im Spreeraum**  
**Berlin, 03.07.2014**

- **Einführung: Dosis-Wirkungs-Beziehungen**
- **Kenngößen für die Dosis**
- **Formen der Beeinträchtigung**
- **Besonderheiten beim Lärm**
- **Belästigungen/Störungen**
- **Schlafstörungen**
- **Gesundheitliche Beeinträchtigungen**
  - **Herzinfarkte**
  - **Schlaganfälle**
- **Umfrageergebnisse**
- **Soziale Folgen des Lärms**
- **Zielwerte und rechtliche Regelungen**
- **Fazit**

- Lärm = Geräusche, die **beeinträchtigen** (Menschen, Tiere)
- Aufgabe der Lärmwirkungsforschung, den Umfang der Beeinträchtigungen (Wirkungen  $W$ ) in Abhängigkeit von der Geräuschbelastung (Dosis  $D$ ) zu ermitteln: Dosis-Wirkungs-Beziehung  **$W = f(D)$**
- Beispiel **idealisierte** Dosis-Wirkungsfunktion:

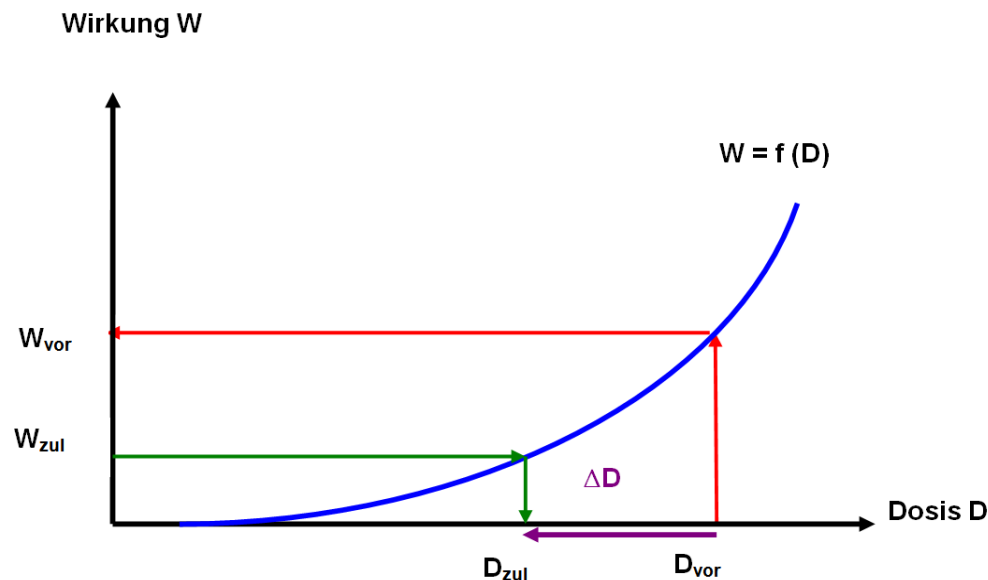


- In der Realität starke Abhängigkeit der Wirkungen von nichtakustischen Einflussgrößen, den **Moderatoren**:
  - **Individuelle** Moderatoren: Lärmempfindlichkeit, allgemeiner gesundheitlicher und psychischer Zustand, Alter, Geschlecht, Vermögen, die Beeinträchtigung bewältigen zu können
  - **Soziale** Moderatoren: Akzeptanz und Kontrollierbarkeit der Geräuschquelle, gesellschaftliche Traditionen
  - **Situative** Moderatoren: Tätigkeit, Tageszeit, Umgebung
- Weitere Einflussgrößen und **Risikofaktoren** für die Wirkungen (Beispiel Herz-Infarkt-Risiko: Rauchen, Übergewicht, Bewegungsmangel, Ernährung)

Starke **Streuung** der Ergebnisse → **statistische** Aufbereitung erforderlich:

- Wirkungen nur zu maximal einem Drittel durch Dosis **bestimmt (Bestimmtheitsmaß)**
- **Signifikanzbewertung** erforderlich: Prüfung, ob ein „überzufälliger“ Zusammenhang besteht, d. h. Angabe eines Konfidenz- oder Vertrauensintervalls (i. d. R. 95 %)
- Elimination der anderer Risikofaktoren → **Adjustierung**

- Von besonderem Interesse: **Schwellenwerte** für Beeinträchtigungen, deren Überschreitung als unzulässig (z. B. durch **politische** Setzung) bewertet wird:  $W_{zul}$
- ➔ Umsetzung in **Ziel-, Richt-, Orientierungs- oder Grenzwerte**  $D_{zul}$
- Einhaltung der Schwellenwerte durch **Reduzierung  $\Delta D$**  der Dosis



## Beispiele für **politische** Setzungen

- Grundgesetz Art. 2(2): Recht auf **körperliche Unversehrtheit**
- Grundgesetz Art. 14(1): Gewährleistung des **Eigentums**
- Bundes-Immissionsschutzgesetz BImSchG (§1):  
Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen – vor **Gefahren, erheblichen Nachteilen, erheblichen Belästigungen**
- Privatrecht BGB §906: Bei „**wesentlichen Beeinträchtigungen**“ durch Immissionen des Nachbarn Recht auf Abwehr (bzw. Anspruch auf Ausgleich bei ortsüblichen Immissionen)  
**Konkretisierung** durch Festlegen der zulässigen Dosis  $D_{zul}$  auf der Basis der Lärmwirkungsforschung

- Wahl des **geeigneten Indikators** für die Schalldosis :  
Zuordnung zur untersuchten Wirkung und zur Geräuschart:
  - Beispiel Störung des **Schlafs**:  
Flug- und Schienenverkehr: Störung durch das Geräusch des jeweils einzelnen Flugzeugs oder Schienenfahrzeugs
  - Beispiel Störung der **Kommunikation**: Störung durch den Hintergrundpegel (z. B. das Rauschen einer Autobahn)

Zwei wichtige Indikatoren:

- **Maximalpegel**  $L_{\max}$  (dB(A))
- Dauerschallpegel oder **Mittelungspegel**  $L_m$  (dB(A)):  
relativ **einfache** Kennzeichnung einer Belastungssituation
- EU-Richtlinie zum **Umgebungs**lärm (**ULR**):
  - $L_{den}$ : gewichteter Ganztagespegel (**day**, **evening**, **night**:  
Zuschlag für 4 **Abend**stunden + 5 dB(A), Zuschlag für 8 **Nacht**stunden: + 10 dB(A)

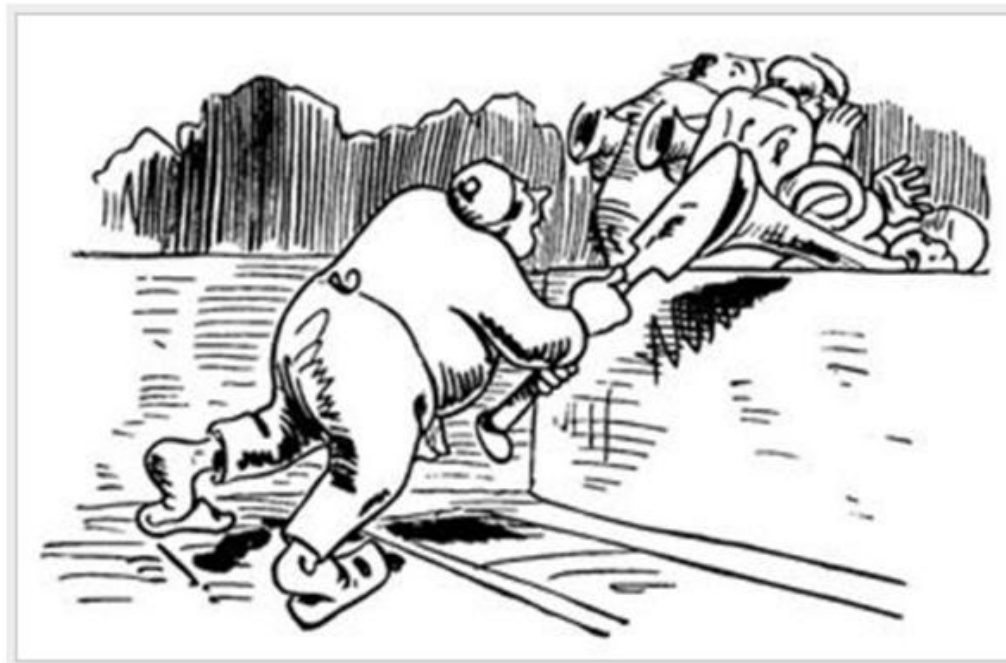


- **Gehörschäden** (z. B. berufsbedingte Lärmschwerhörigkeit – relevanteste Berufskrankheit)
- **Schlafstörungen** (Aufwecken, Reduzierung der Schlafqualität)
- **Gesundheitsbeeinträchtigungen** (Risikoerhöhung für Herz-Kreislauf-Erkrankungen, Schlaganfälle etc.)
- **Belästigungen/Störungen** (Kommunikation, Erholung etc.)
- **Leistungsbeeinträchtigungen**
- **Entwicklungsverzögerungen** (z. B. Sprachentwicklung bei Kindern)
- **Soziale Folgen** (soziale Segregation: Konzentration sozial benachteiligter Schichten in verlärmten Bereichen)
- **Monetäre Schäden** (Immobilienwertverluste, Gesundheitskosten etc.)

## Dualer Charakter von Geräuschen bzw. Schall:

- Geräusche **essentieller Bestandteil** menschlichen Lebens:
  - **Kommunikation**
  - **Orientierung**
  - **Signale: Kirchenglockenläuten, Wecken, Warnen (vgl. All'arme Alarm Lärm)**
  - **Erzeugung von Aufmerksamkeit („Marktschreier“)**
  - **Positive Emotionalisierung (Musik, Rhythmen)**

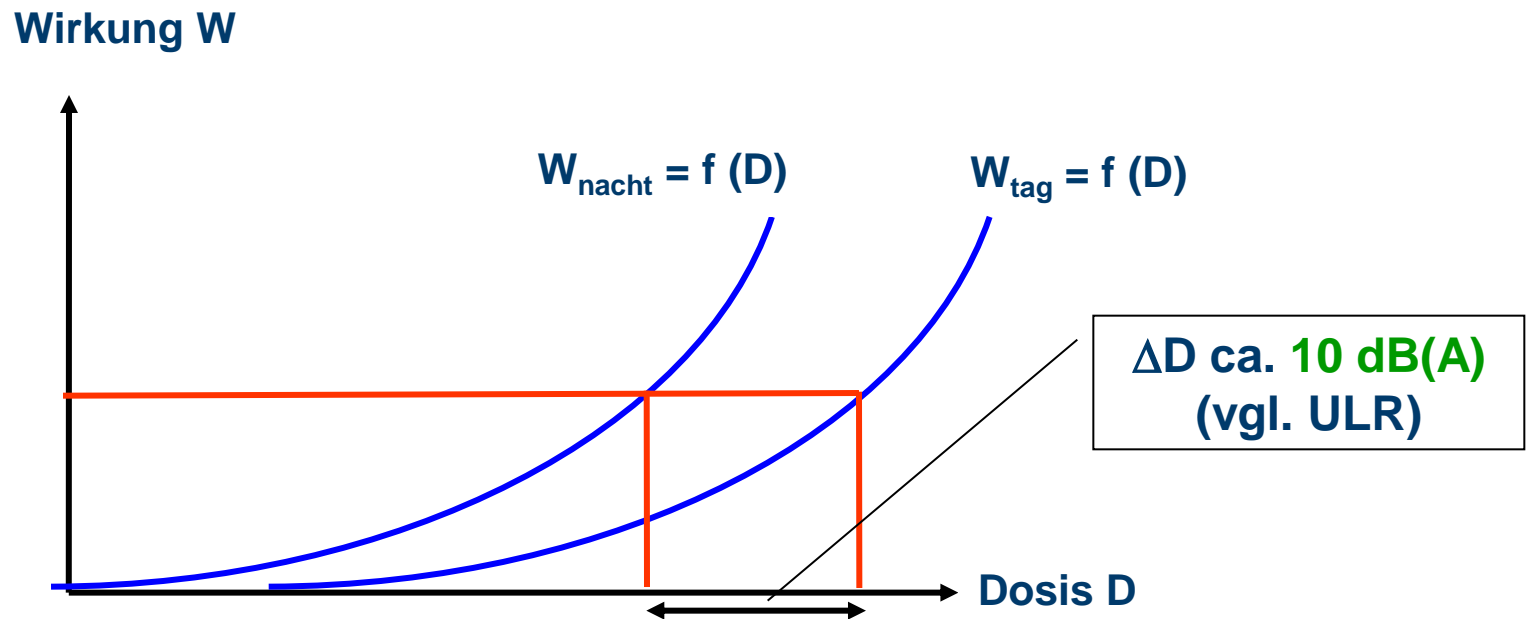
**Das Ohr darf nie schlafen**



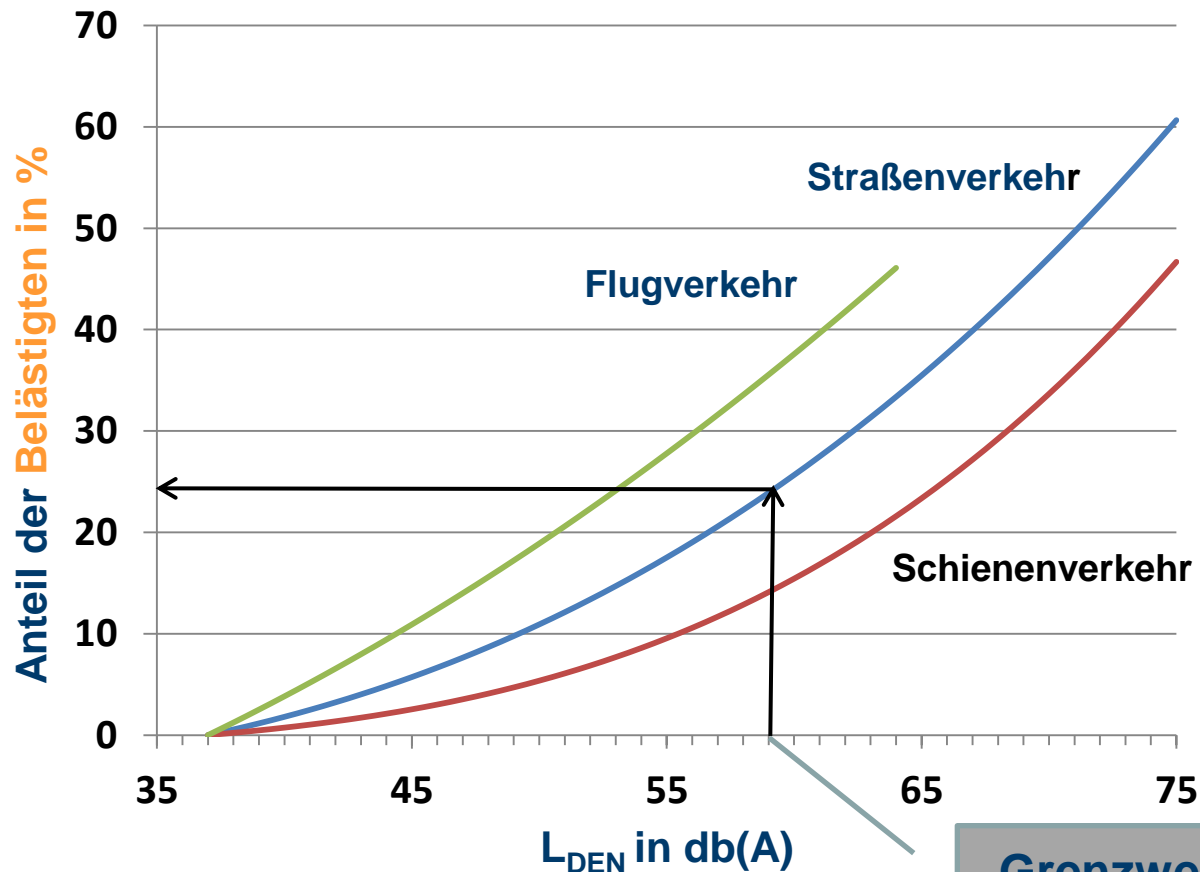
Musik wird oft nicht schön gefunden,  
Weil sie stets mit Geräusch verbunden.

**Wilhelm Busch: Der Maulwurf; in „Dideldum!“ von 1874**

- **Höhere Empfindlichkeit** in den notwendigen **Erholungsphasen** (Nachtruhe, Wochenende, Urlaub)

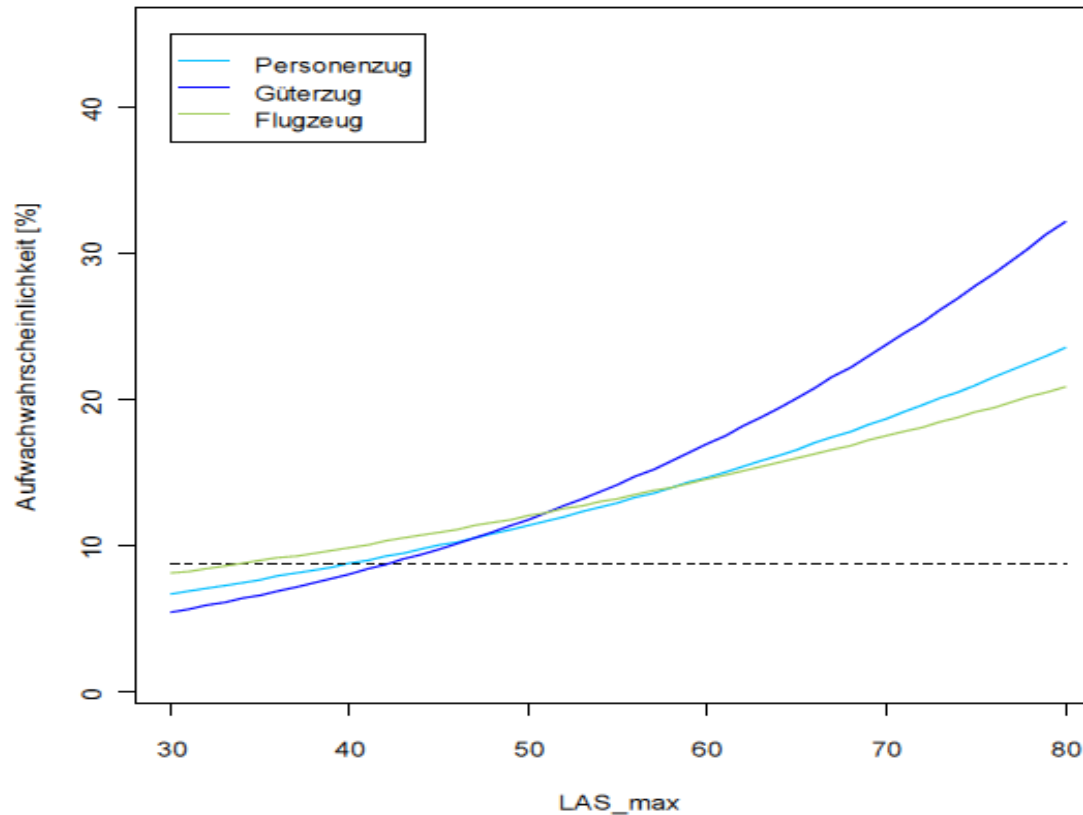


- **Repräsentative** Bevölkerungsauswahl
- Ermittlung der **Geräuschbelastung** (i. d. R. Mittelungspegel außen tags/nachts  $L_{Am}$ , bzw. Ganztagespegel  $L_{DEN}$  gemäß Richtlinie zum Umgebungslärm)
- **Befragung** nach dem Grad der Störung (z. B. 5teilige Skala nach IC BEN: **äußerst/stark/mittelmäßig/etwas/überhaupt nicht** gestört und belästigt)
- **Zusammenfassung** von Störungen:
  - Z. B. „gestört“: **äußerst/stark/mittelmäßig/etwas**
  - Z. B. „stark gestört“: **äußerst/stark**
  - BImSchG „erheblich belästigt“: **äußerst/stark/mittelmäßig**
  - EU „Highly annoyed“: obere 25 % der Skala
  - EU „annoyed“: obere 50% der Skala,
- **Zuordnung** von Grad der Störung und Geräuschbelastung

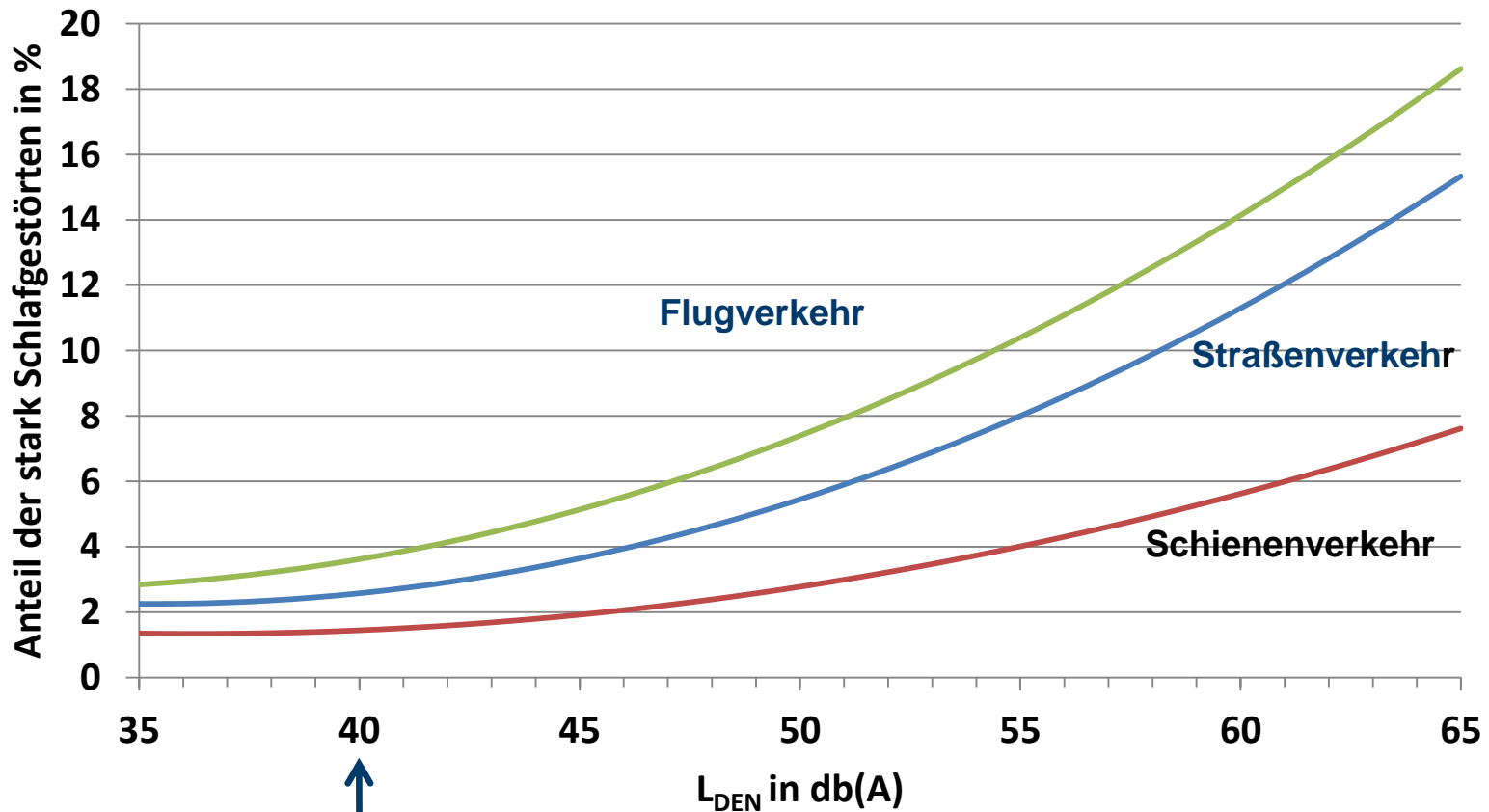


Grenzwert L<sub>Am</sub> tags  
WA/WR, VLärmSchV,

Quelle: VDI 3722 Blatt 2



**Aufwachwahrscheinlichkeit in Abhängigkeit vom Maximalpegel (Feldversuch)**  
Quelle: DLR (2010): „DEUFRAKO/RAPS“



WHO 2009 NNG

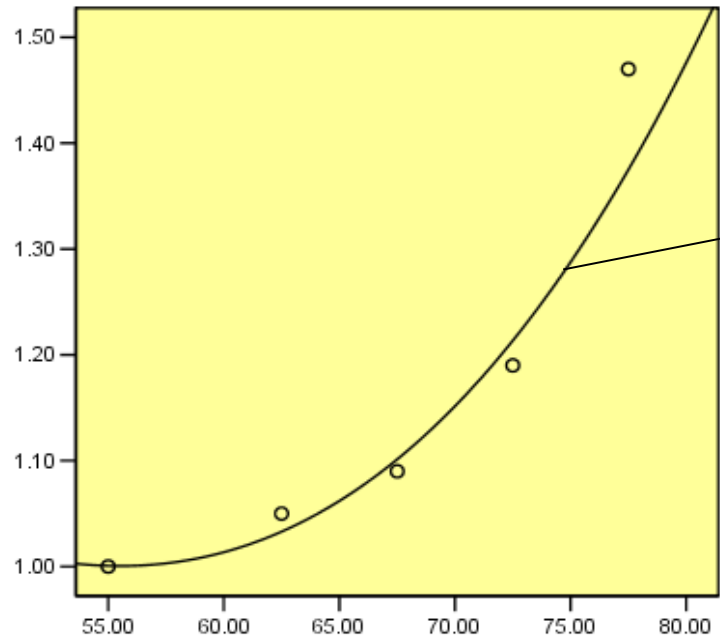
Quelle: VDI 3722 Blatt 2



- Wirkungspfade auf der Basis von **Stressmodellen** (Henry, Stephens 1977, Lazarus 1974)
  - Lärm kann **Furcht, Ärger, Gefühl der Hilflosigkeit, Angst vor Kontrollverlust** usw. auslösen
  - **Kognitive** Verarbeitung: Falls Reiz nicht verarbeitet werden kann („Coping“, Stressbewältigung) → Stress
  - Stress: Ausschüttung von **Hormonen** (Cortisol, Adrenalin, Noradrenalin)
  - **Im Schlaf laufen** diese Prozesse auch ohne bewusste (emotionale oder kognitive) Reaktion ab
  - Stresshormone führen zur **Verengung** der Blutgefäße → Blutdruck steigt
- Wirkungspfad **Schlafstörungen/Schlafmangel** durch Geräusche → Diabetes, Übergewicht, Herz-Kreislauf-Erkrankungen

## Risiko-Pegel-Kurve

Relatives  
Risiko



**75 dB(A):  
Risiko + 29 %**

Verkehrslärm-Immissionspegel  $L_m$  (6-22 Uhr)  
[dB(A)]

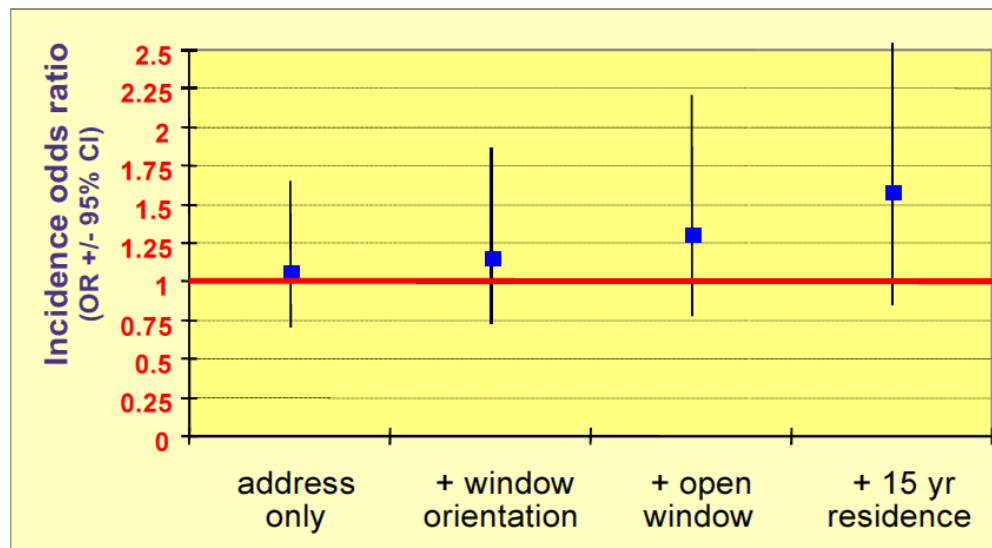
Kfz/24h:	300	3000	30 000
----------	-----	------	--------

Quelle: Babisch, UBA 2006

## Einfluss von Moderatoren

Caerphilly and Speedwell studies, relative incidence of myocardial infarction

Extreme group comparison:  $L_{\text{day,6-22 h}} = 66-70 \text{ dB(A)}$  vs.  $51-55 \text{ dB(A)}$



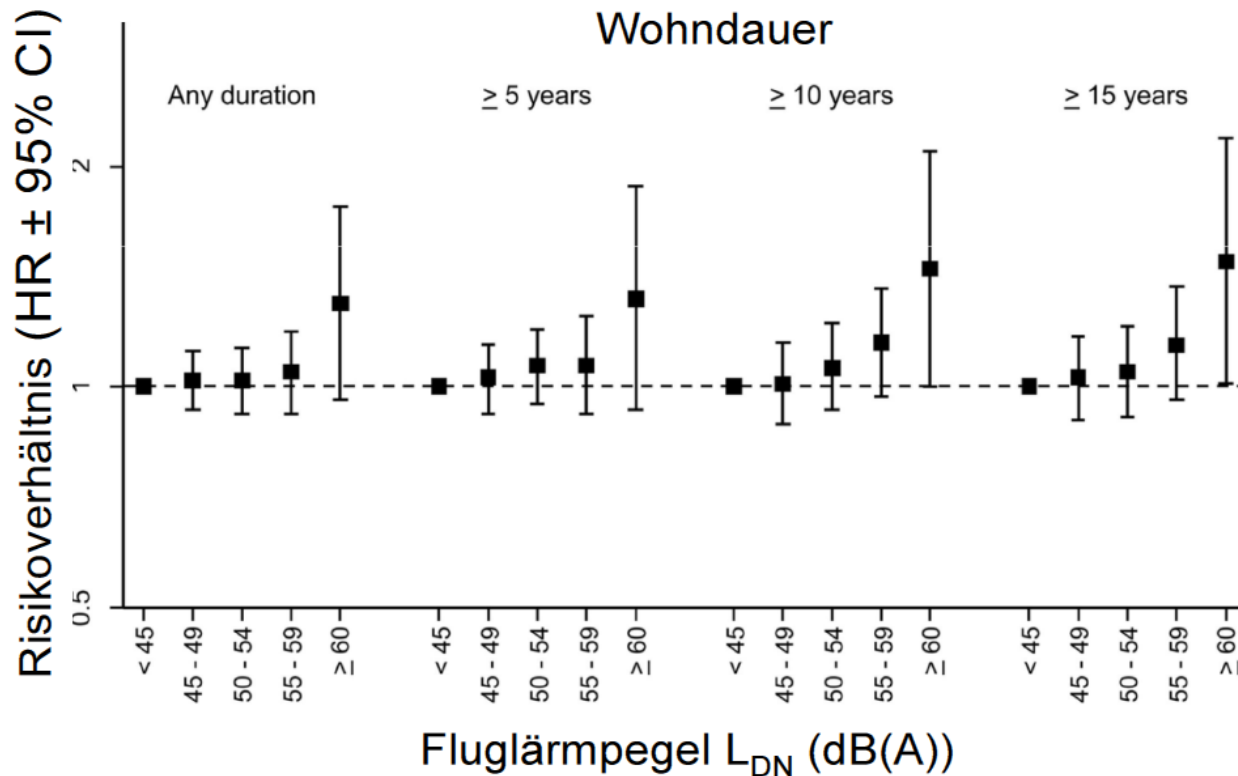
Erkrankungsrisiko für Herzinfarkte, Caerphilly/Speedwell Study; Einflussgrößen Fensterorientierung, Fensteröffnungsverhalten, Wohndauer

Quelle: Babisch, W. (2013): "Health Effects Of Traffic Noise", CAETS Forum "Lessening the Severe Health Effects of Traffic Noise in Cities by Emission Reduction" Innsbruck, 19. September 2013

## Schweizer Landeskohorte (4,6 Millionen Menschen, 2000-2005)

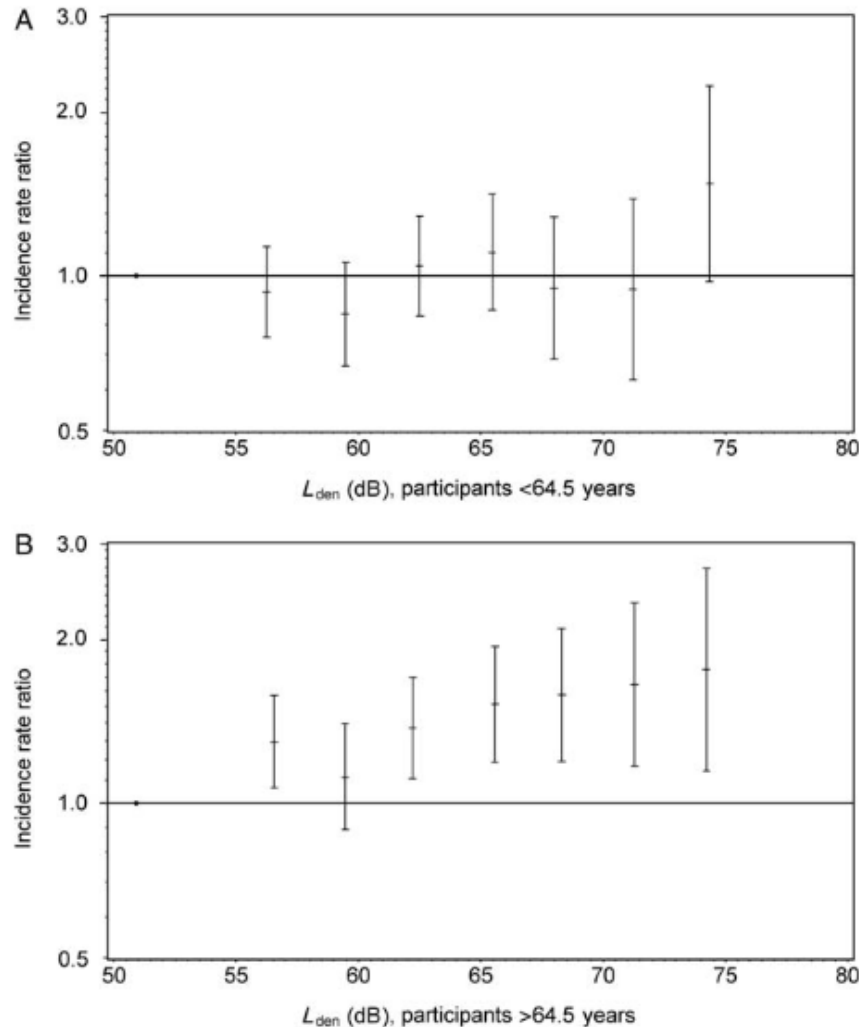
Adjustiert für Alter, Geschlecht, Sozialstatus und Luftverschmutzung (PM<sub>10</sub>)

**HR pro 10 dB(A) = 1.07 (0.94-1.23); HR<sub>≥15 yrs</sub> = 1.16 (0.96-1.40) \***



\*Berechnung Babisch

Quelle: Huss et al., 2010

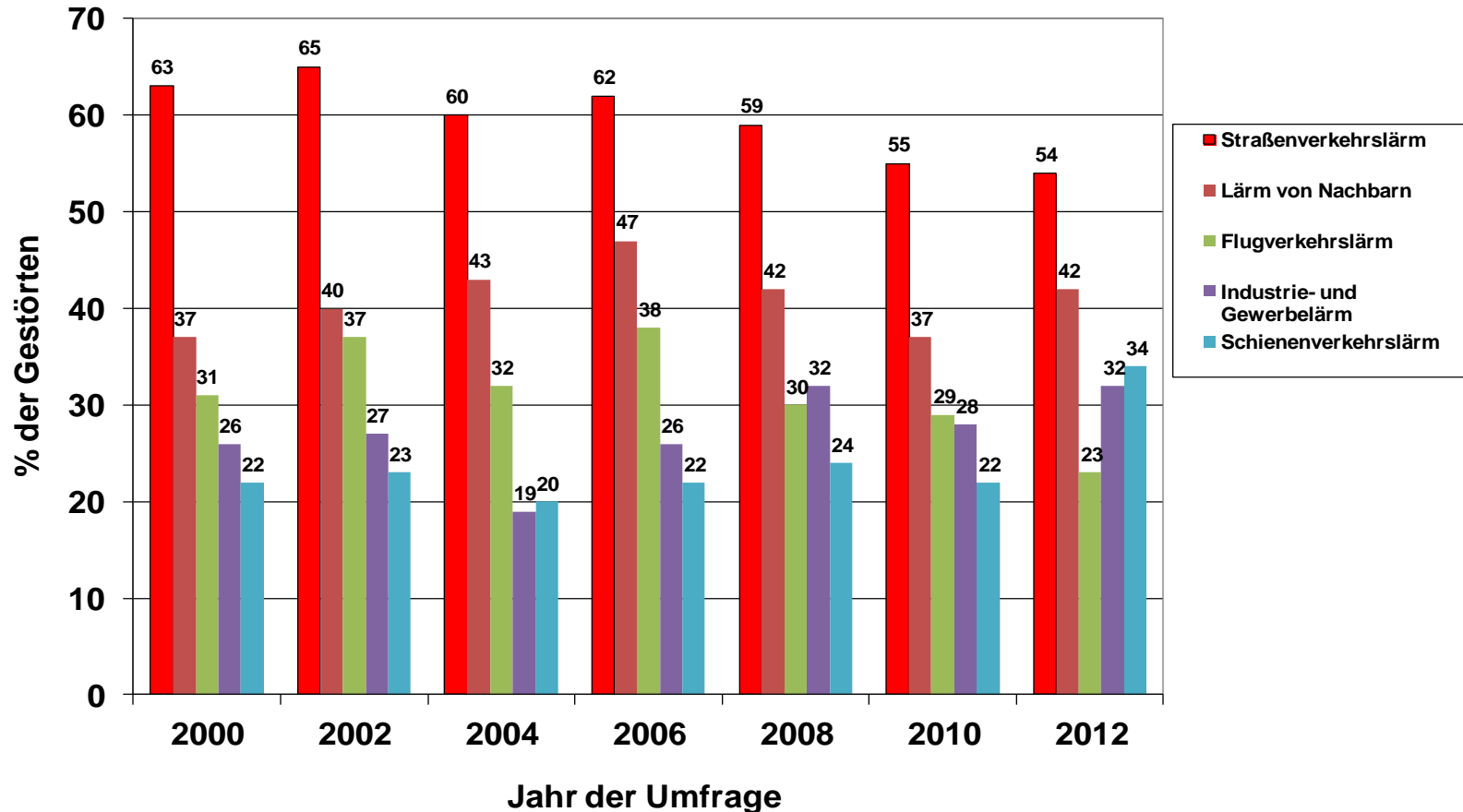


**Inzidenzverhältnis (Relatives Risiko 95 % Konfidenzintervall) für Schlaganfall bei verschiedenen Geräuschbelastungen durch Straßenverkehr in  $L_{den}$**

**A:** Personen unter 64,5 Jahren;  
**B:** Personen über 64,5 Jahren  
Studienumfang **57053** Personen.

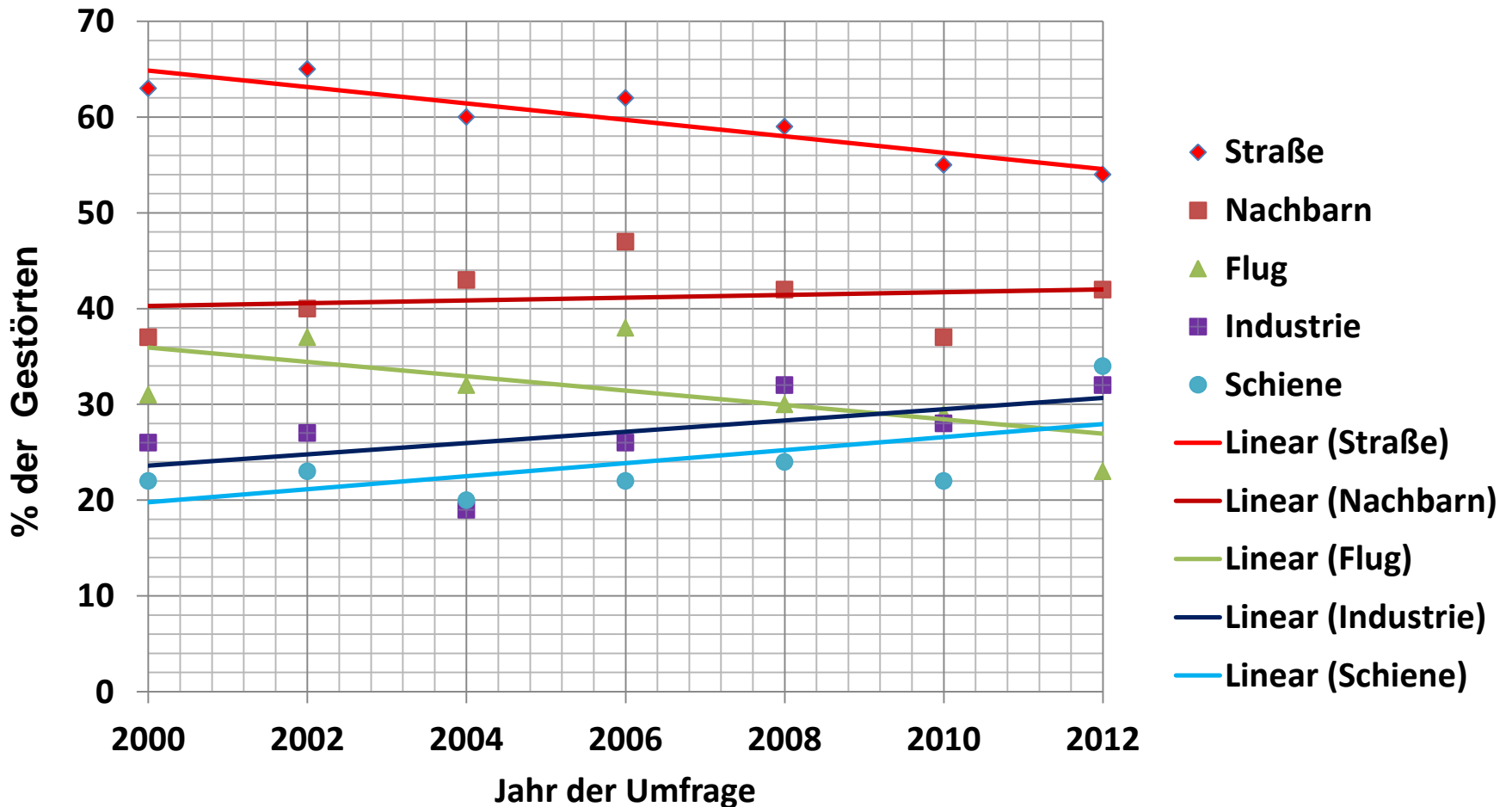
**Adjustiert** für Alter, Geschlecht, Rauchen, BMI, Alkohol, Sozialstatus, körperliche Aktivität, Schienen- und Fluglärm, und Luftverschmutzung ( $No_x$ )

Quelle: Sørensen, M. et al (2011): "Road traffic noise and stroke: a prospective cohort study"

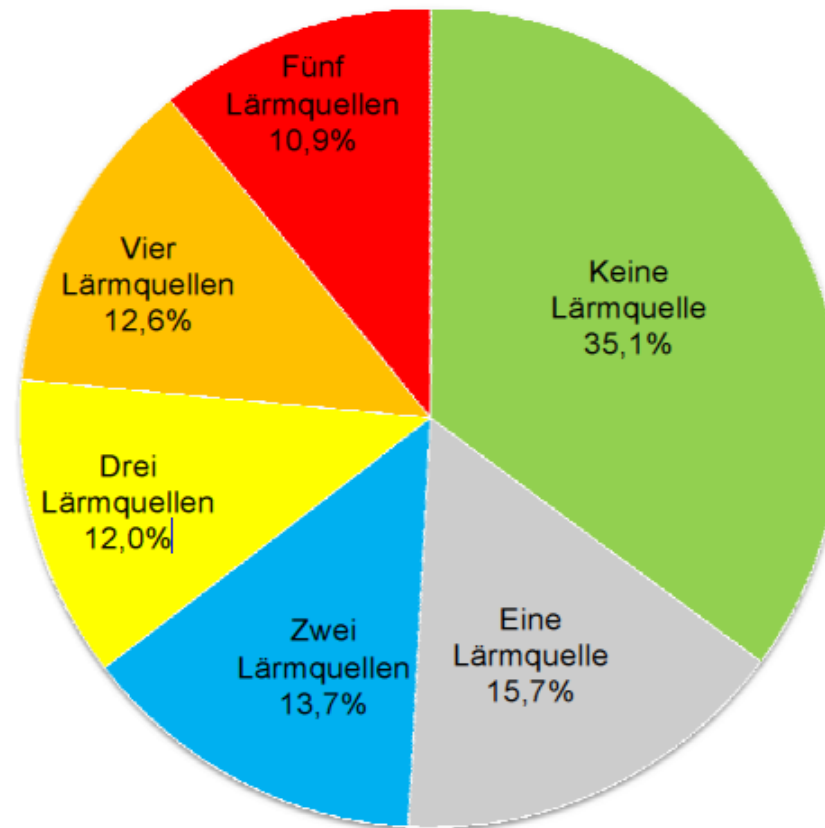


Quelle: Umfragen zum Umweltbewusstsein in Deutschland, 2000 bis 2012, siehe [www.umweltbewusstsein.de](http://www.umweltbewusstsein.de)

## Umfrageergebnisse 2000 bis 2012 mit linearem Trend

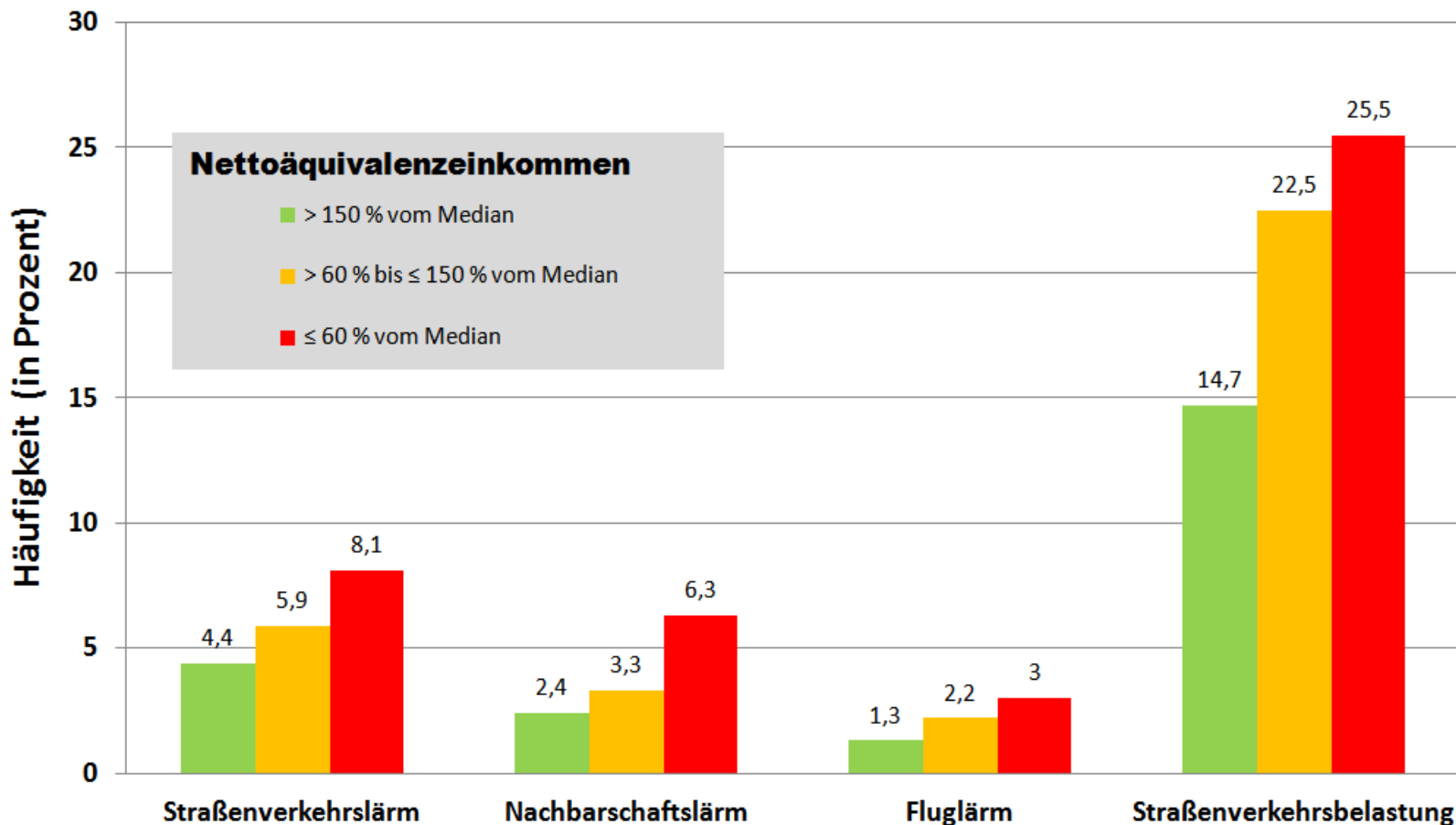


## Mehrfachstörungen: Quelle: Umfragen zum Umweltbewusstsein in Deutschland 2012





- **Einschränkung** der Aktivitäten im Wohnbereich
  - Einschränkung der **Kommunikation** wegen der Notwendigkeit lauter Sprechweise
  - **Verzicht** auf Nutzung von Balkonen, Terrassen, Gärten
- Veränderung der **Sozialstruktur**
  - Mobile und **einkommensstarke Haushalte fliehen** den Lärm und ziehen ins „Grüne“:
  - Bsp. **München** (Umzüge 1998-2000): 52% der Weggezogenen geben den Wunsch nach „Ruhiger Wohnlage“ als Grund an (2. Stelle nach den Wunsch „Mehr Grün, bessere Luft „ mit 55%)  
**Konzentration von einkommensschwachen Haushalten in verlärmten Bereichen** (siehe folgendes Bild)



Häufigkeit (in Prozent) von starker/sehr starker Lärmbelastung und extremer/starker Straßenverkehrsbelastung in Abhängigkeit vom Nettoäquivalenzeinkommen

Quelle: Laußmann et al 2013

## Wertverlust von Immobilien

RP Online;  
Haus liegt zwischen  
B8 und Bahn-  
Ausbaustrecke  
Emmerich-Oberhausen

17. Mai 2014 | 12.13 Uhr

Emmerich 4 1

## 9000-Euro-Haus: Ein Horror für Eigentümer



9000 Euro Mindestgebot: Im Juni ist die Versteigerung. Die Daten: Erbaut in den 30ern. In den 80ern renoviert. Grundstück 400 Quadratmeter, Wohnfläche 150. Bis vor wenigen Jahren geschätzter Wert: 125 000 Euro.

FOTO: Markus van Offern/Archiv

## Zwei wesentliche **monetäre Folgen** des Lärms („externe Kosten des Lärms“):

- **Gesundheitliche** Folgekosten (Behandlungskosten, Verlust an Lebensjahren)
- **Wertverlust** von Immobilien – Sinken der Mieteinnahmen  
Sinken der Steuern auf Immobilien (Einkommenssteuer, Grundsteuer, Grunderwerbssteuer)
- **Bsp. Straßenverkehrslärm:**
  - **Deutschland** (2010/2014): 1,2 bis 16,9 Mrd. €/Jahr;
  - abhängig von der **Zahl** der betroffenen Einwohner,
  - von den **Kosten** in €/Jahr/Einwohner/db(A)
  - von der jeweiligen **Kostenschwelle**  $L_0$  (Mittelungspegel)
    - Wertverluste: zwischen 42 und 55 dB(A)
    - Gesundheitskosten zwischen 60 und 70 dB(A)

Schutzziele	Pegel in dB(A) tags/nachts	Grenzwerte, Schwellenwerte Orientierungswerte
<b>Gesundheit</b>	$L_{am}$ <b>65/55</b> WHO NGG nachts <b>40</b>	<b>Lärmsanierung</b> WA/WR Straße <b>67/57</b> Schiene <b>75/65</b> LAP <b>65-70/45-65</b>
<b>Vermeidung von erheblichen Belästigungen</b>	$L_{am}$ <b>55/45</b>	<b>Lärmvorsorge</b> WA/WR Straße <b>59/49</b> Schiene <b>64/54</b> (2015/2019: <b>59/49</b> ) DIN 18005: <b>55/45</b>
<b>Vermeidung von Belästigungen</b>	$L_{am}$ <b>50/40</b>	
<b>Schlaf</b>	WHO: $L_{AFmax, innen} \leq 45$	

- Lärm hat **vielfältige** Formen der Beeinträchtigung
- Besonders gravierend sind die **gesundheitlichen** Beeinträchtigungen durch Verkehrslärm: **Hohe Belastungen (65/55 dB(A) tags/nachts)** und **lange Expositionszeit** führen zu signifikanten Risikoerhöhungen für Schlaganfälle und Herz-Kreislauf-Erkrankungen (Herz-Infarkt) → Abbau **kurzfristig** erforderlich (vgl. GG Art. 2)
- Aber auch unterhalb dieser Schwelle gibt es (**erhebliche**) **Belästigungen** (Schwellenwerte für erhebliche Belästigung **55/45 dB(A) tags/nachts**)
- Innenpegel (Maximalpegel) zwischen **30** und **40 dB(A)** sind die Schwellen für **Aufwachwahrscheinlichkeiten**
- Verkehrslärm führt zur sozialen **Segregation** und **Ungerechtigkeit**: Einkommensstarke Haushalte wählen ruhige Wohnorte, sozial Benachteiligte leben in „Lärmghettos“

- Eine **umfassende** Untersuchung der Wirkungen liegt noch nicht vor:
  - Beispiel **Gesundheitsschäden** beim Schienenverkehrslärm; hilfswise Übertragung der Ergebnisse zu anderen Quellen
  - Beispiel **Mehrfachbelastungen**; hilfswise energetische Addition von wirkungsbezogenen Substitutionspegeln (VDI 3722 Blatt 2 für Belästigungen und selbstberichtete Schlafstörungen)
  - Beispiel **Indikator** Maximalpegel
- Die **politisch gesetzten** Grenz-, Ziel- und Schwellenwerte liegen zu Lasten der Betroffenen i. d. R. über den wirkungsbezogenen Schutzzielen



**Vielen Dank fürs Zuhören!**

[jaecker.cueppers@t-online.de](mailto:jaecker.cueppers@t-online.de)

[www.ald-laerm.de](http://www.ald-laerm.de)





## (Dualer Charakter von Geräuschen bzw. Schall:)

- Geräusche als Ausdruck von **Lebensfreude**, Lebendigkeit: „**Kinderlärm** ist Zukunftsmusik“ (politischer Konsens) vgl. auch „**Friedhofsruhe**“, „**Totenstille**“
  - Moderator **Lärmempfindlichkeit** : Oft kein gesellschaftlicher Konsens über die Zulässigkeit störender Geräusche
  - Bsp. 1: Bad Sassendorf: 33% > 60 Jahre (D 25%); „**Es ist Mittagszeit, die Springbrunnen sind abgestellt, der Ruhe wegen.**“ (FR 9./10.6.2004)
  - Bsp. 2: „**Niederlande: Luxus-Stadt für graue Panther: Eine Stadt ohne Schulen, ohne Jugendliche, ohne Diskothek, ohne Hektik, ohne Verkehrslärm. Eine Stadt mit vielen Ärzten, Krankenhäusern, Golfplätzen, Spielcasinos und Grünflächen. Eine Stadt, in der nur Menschen leben, die älter als 55 Jahre sind: Eine solche Seniorenstadt wollen die Niederlande bauen**“ (Die Presse, Wien vom 24.12.2004)

## Die **Nachtproblematik**:

Hoher wirtschaftlicher Druck auf Rund-um-Nutzung der Infrastruktur:

- **Aktuell: Güterverkehr auf der **Schiene** überwiegend nachts**
- **Luftverkehr: Streit über Nachtflugbeschränkungen:**
  - Luftverkehrswirtschaft: [www.die-fracht-braucht-die-nacht.de](http://www.die-fracht-braucht-die-nacht.de)
  - **Argument **Arbeitsplatz**:**  
Bsp. Ausbau Berlin-Schönefeld;  
Gutachten zur Schaffung von Arbeitsplätzen (2007):
    - **Kein Nachtflugverbot:**  
**79 100** Arbeitsplätze
    - **Nachtruhe von **0 bis 5** Uhr (Auflage BVerwG 2006):**  
**77 700** Arbeitsplätze
    - **Nachtruhe von **22 bis 6** Uhr:**  
**60 800** Arbeitsplätze
- **DEHOGA: Verschiebung des Nachtbeginns für die **Außengastronomie** auf mindestens **24 Uhr****