

# Integrierte Lärminderungsstrategien auf kommunaler Ebene im Kontext von Lärmaktionsplanung und Umweltverträglichkeits- prüfungen

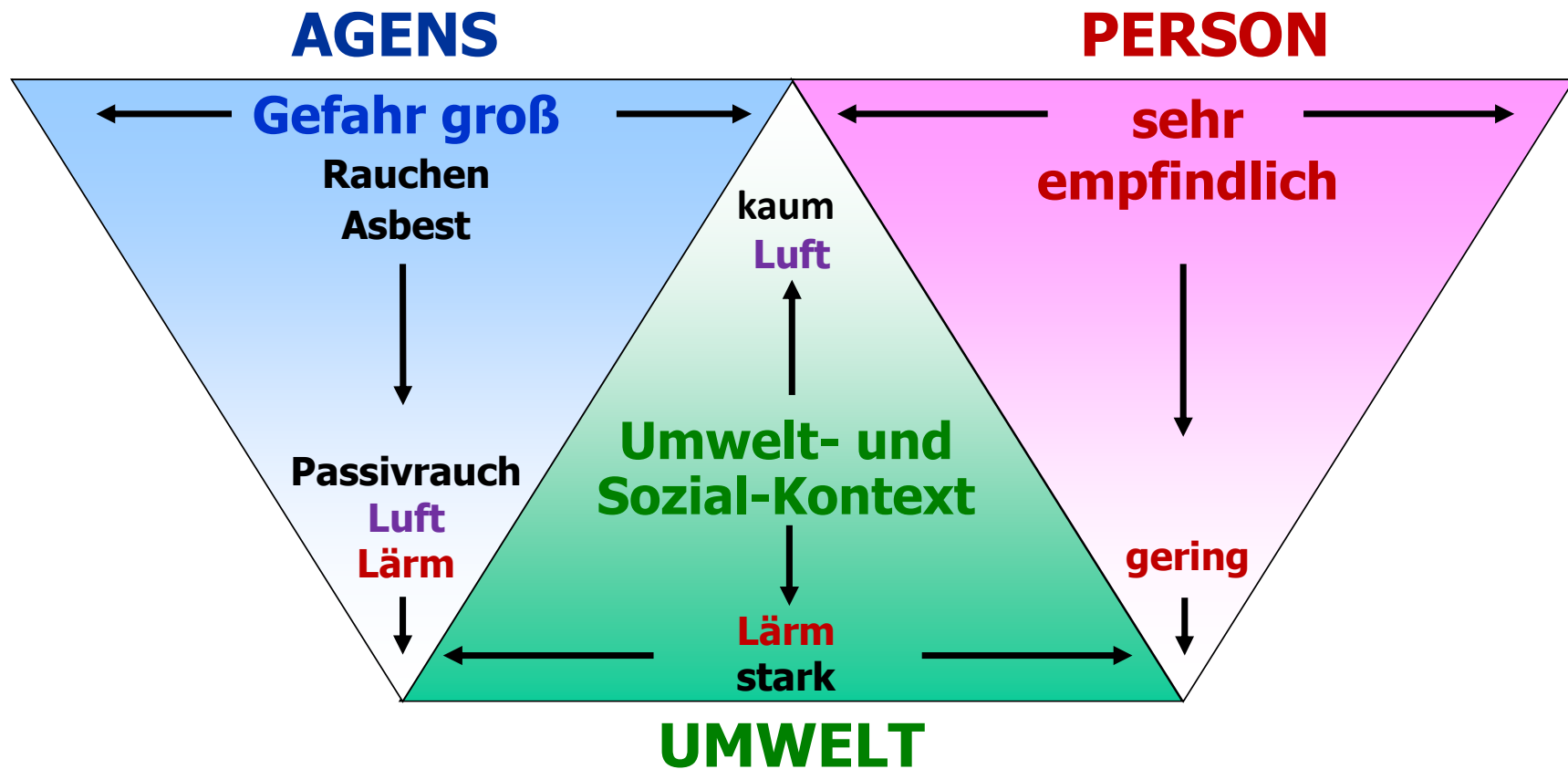
Perspektiven aus der Wirkungsforschung  
und Wirkungsabschätzung

Peter Lercher

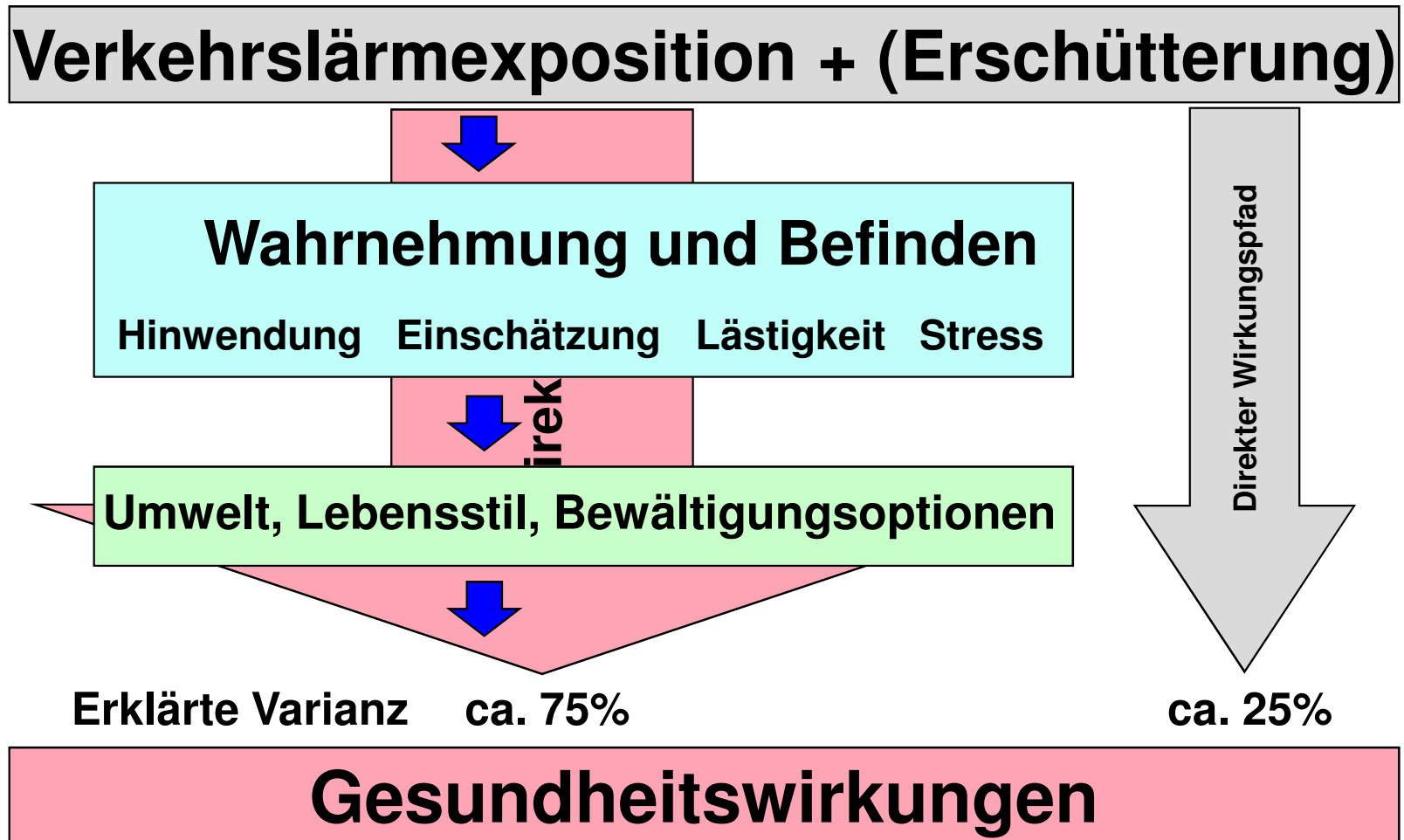
Medizinische Universität Innsbruck

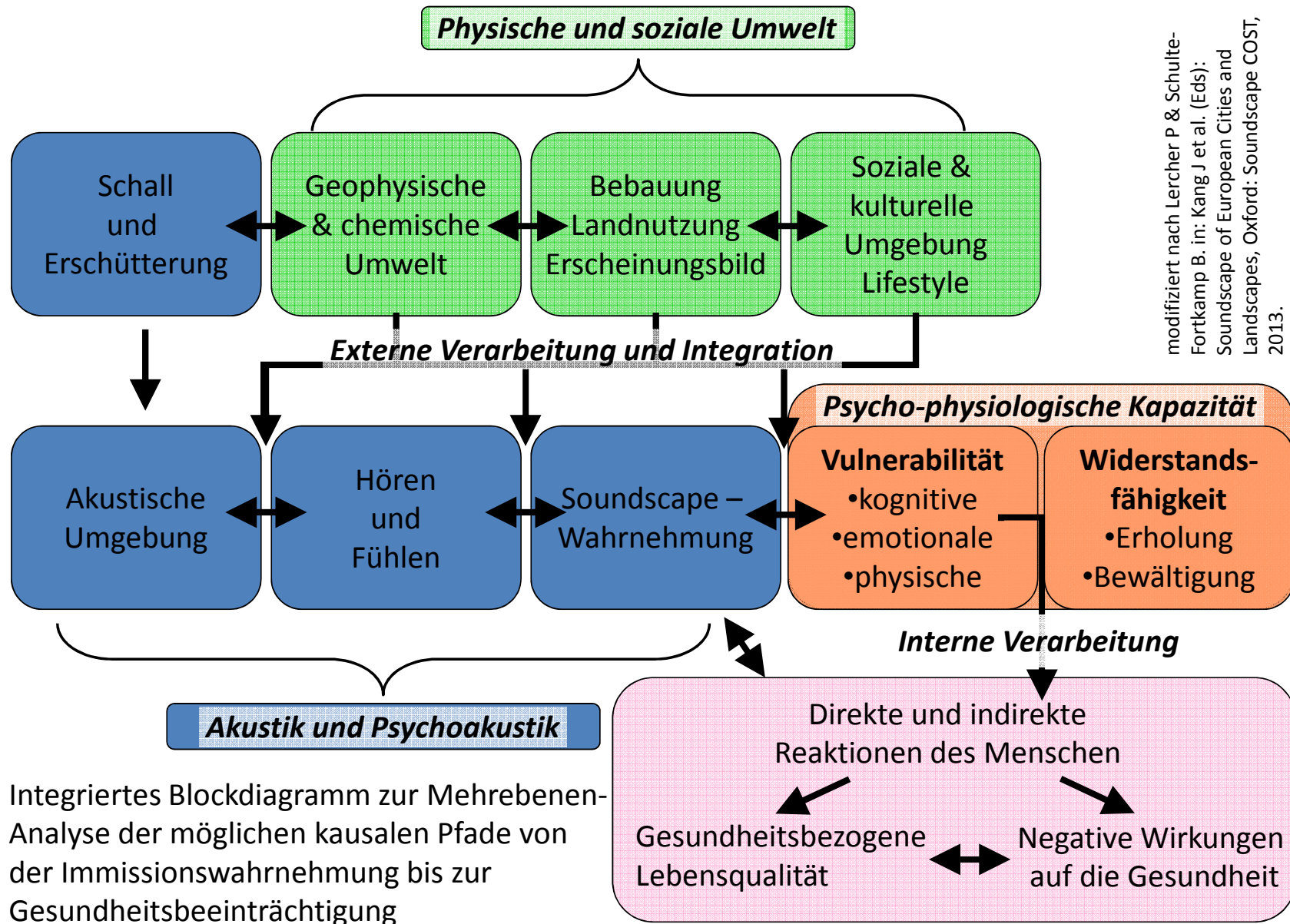


# In der Umwelt-Medizin spielen Wechselwirkungen eine große Rolle



# Allgemeine Lärmwirkungspfade





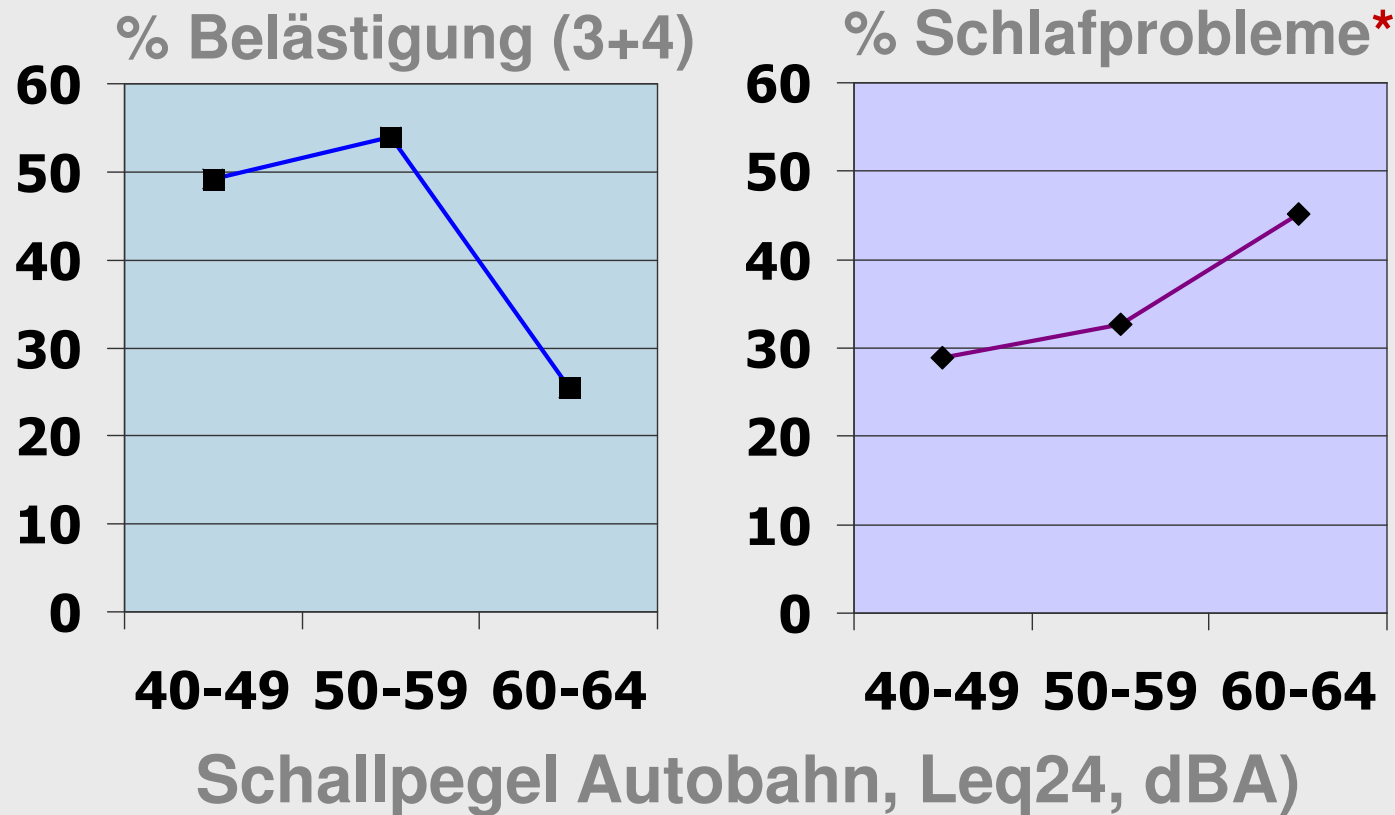
modifiziert nach Lercher P & Schulte-Fortkamp B. in: Kang J et al. (Eds): Soundscapes of European Cities and Landscapes, Oxford: Soundscape COST, 2013.

Integriertes Blockdiagramm zur Mehrebenen-Analyse der möglichen kausalen Pfade von der Immissionswahrnehmung bis zur Gesundheitsbeeinträchtigung

Ein historisches Beispiel

# **TRANSITSTUDIE TIROL 1989/90**

# Ergebnis **nach** der Errichtung von Schallschutzwänden



Quelle: Lercher P. Transit-Studie Tirol 1992

Gemeinde: Vomp, N=500

\* Mehr als 1x/Woche

40% Lärm verringert, 21 % keine Besserung, 39 % keine Wirkung bemerkt

Die Grenzen klassischer Lärminderungsstrategien

**Akustische Besonderheiten**

**Mehrquellen-Problematik**

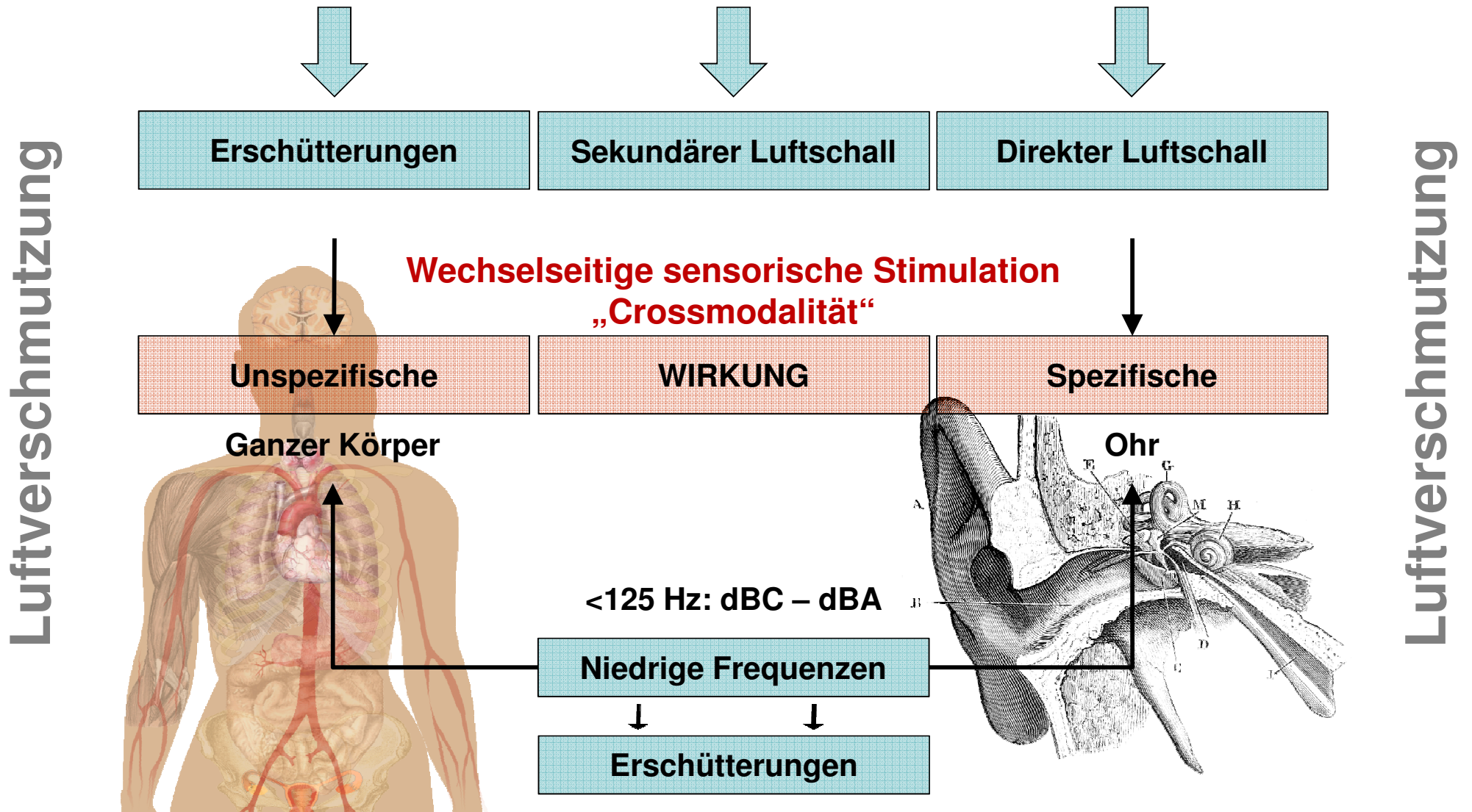
**Kombinationswirkungen**

Die notwendige Erweiterung

**Bewältigungsunterstützung durch  
Soundscape Design**

“Regulatory policies .. seek only to minimize adverse effects of noise exposure rather than maximizing positive attributes of the sonic environment“ Schomer P. et al. JASA 2013

# Verkehrsimmissionen: Schall-Erschütterung





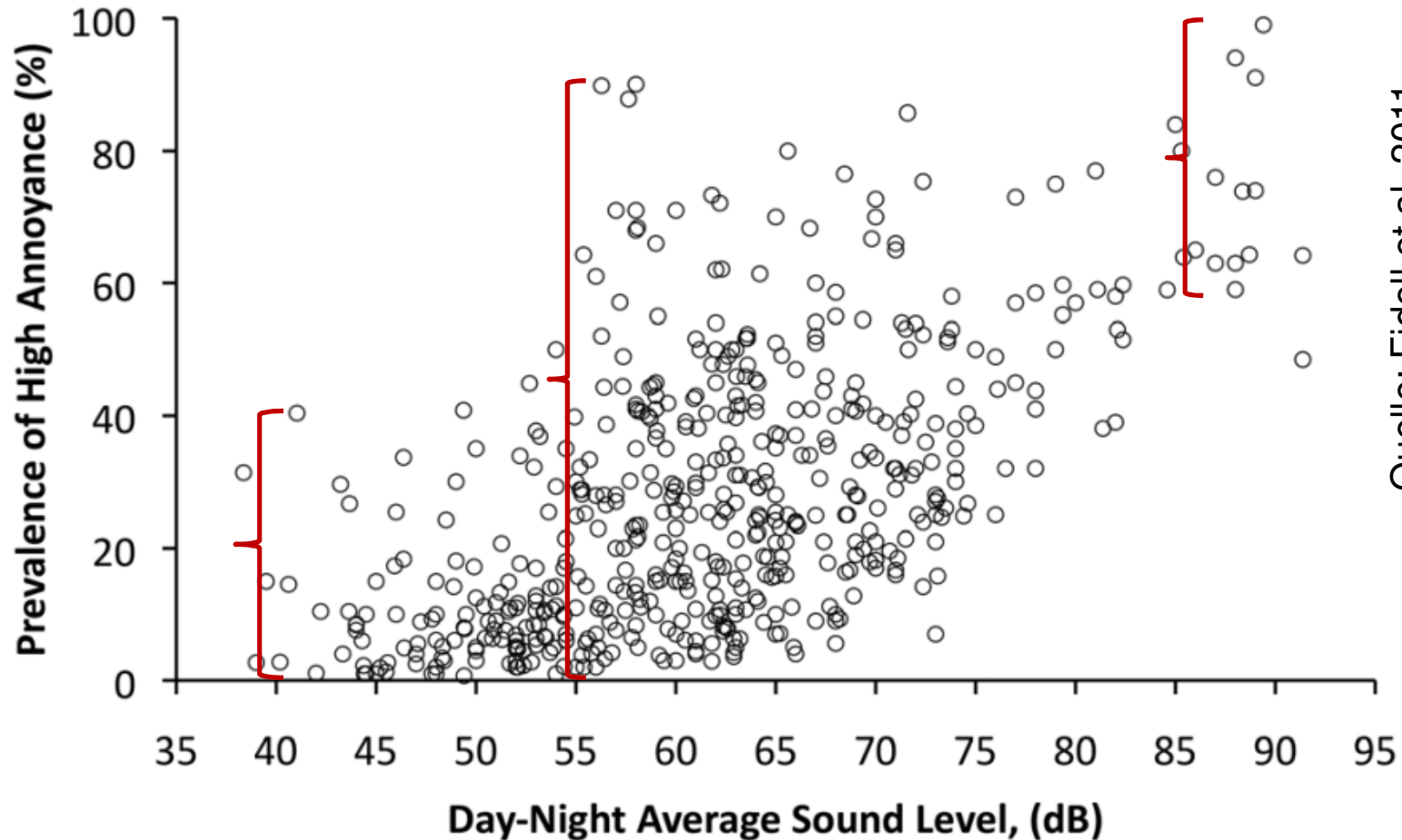
# Moderatoren der Schall-Immissions-Wahrnehmung

Nicht nur **die verschiedene Schallquellen** werden von Menschen in unterschiedlichem Maße als störend empfunden werden

Auch die Schallexposition derselben Quelle wird von Personen **bei gleicher Schallintensität** (Lden oder Lnight) sehr unterschiedlich wahrgenommen

# Flugverkehr

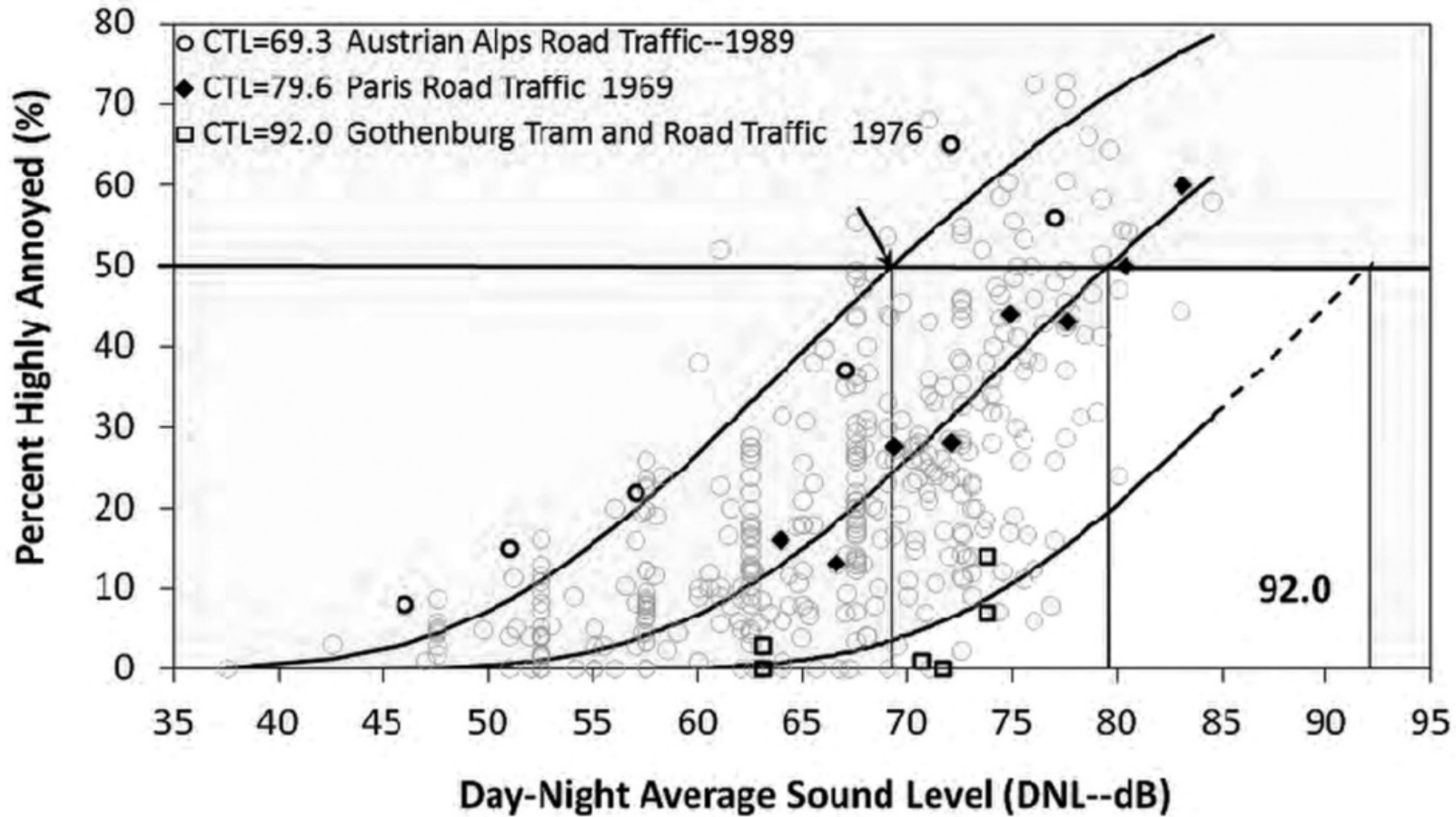
## Variabilität der Störung bei gleichen Immissionswerten



Quelle: Fidell et al. 2011

**Illustration of variability in aircraft annoyance prevalence rates** as a function of cumulative noise exposure. Each point represents an estimate of the prevalence of high annoyance at a single interviewing site.

# Community tolerance level (CTL) als Soundscape Meßinstrument



**FIG. 2.** CTL function fit to each of 3 specific road-traffic specific community road-traffic surveys out of the cloud from 37 sets of worldwide road-traffic noise surveys

Akustische Gründe für die hohen Variationen

**AKUSTIK UND PSYCHOAKUSTIK**

# Welche messbaren Faktoren spielen eine Rolle?

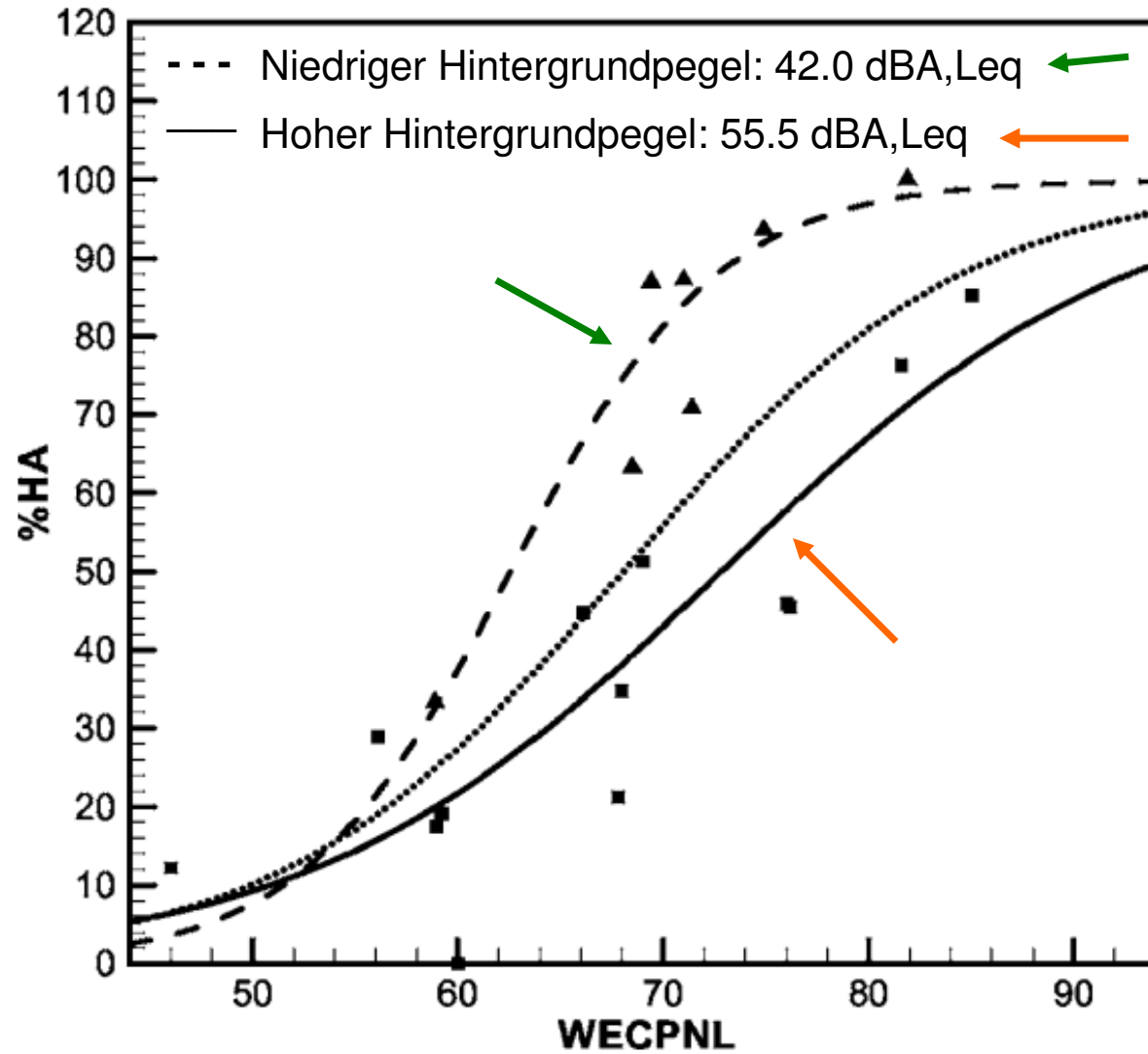
**Der Lden-Lnight-dBA-Wert ist aus der Gesundheitsperspektive nicht zuverlässig – wenn folgende Umstände vorliegen**

- **Hoher Signal-Rauschabstand** (Emergenz)  
insbesondere abends und nachts, ländliche/suburbane Bereiche
- **Hohe Fluktuation des Schallpegels**  
messbar z.B. durch die sog. Intermittency-ratio
- **Tieffrequente Geräusche\*** mit begleitendem sekundärem Luftschall und **Vibrationen** auftreten
- **Auffällige Geräuschkomponenten vorliegen**  
z.B. Tonhaltigkeit, Schärfe
- **Modulierte Geräusche vorliegen**  
z.B. Rauigkeit oder Schwankungsstärke

\* Innenraummessungen sind absolut notwendig, da der LF-Schallpegel innen um 5-15 dB höher sein kann

\* DIN 45680: Messung und Beurteilung tieffrequenter Geräuschimmissionen in der Nachbarschaft (1997)

# Beispiel: Signal-Rauschabstand



Prediktion starker Belästigung (%HA) in zwei Gruppen mit unterschiedlicher Hintergrundlärmelast.

# Evaluation of low frequency noise impact from motorways in the Netherlands

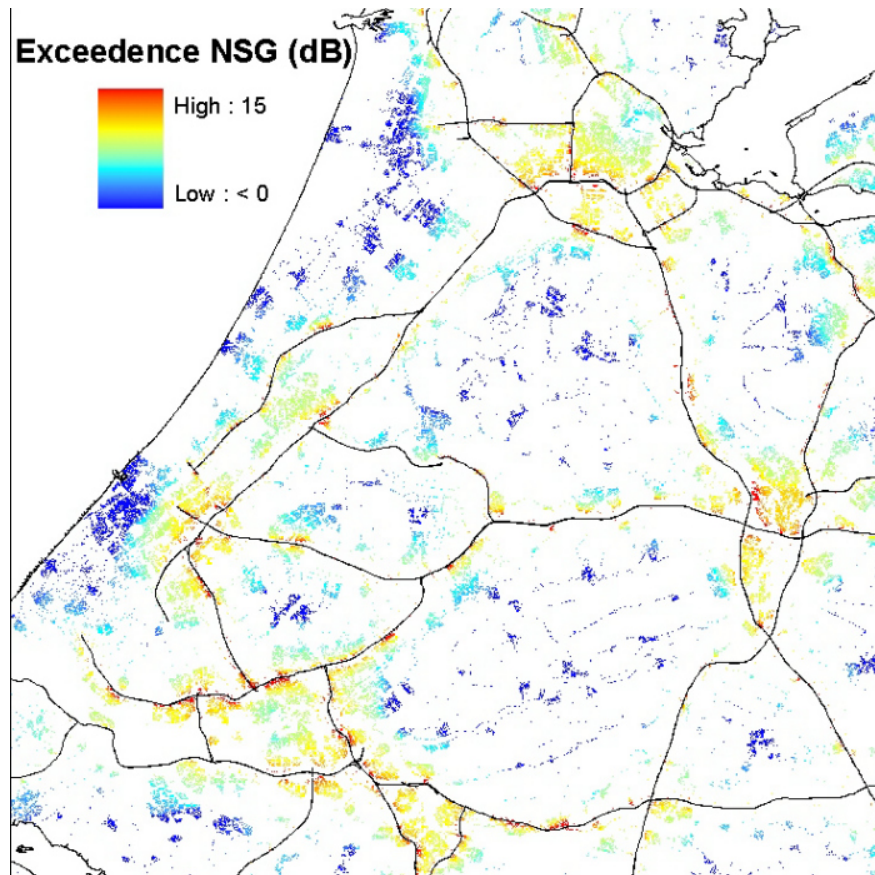


Fig. 3 NSG exceedance on dwellings in the 'Randstad'\*

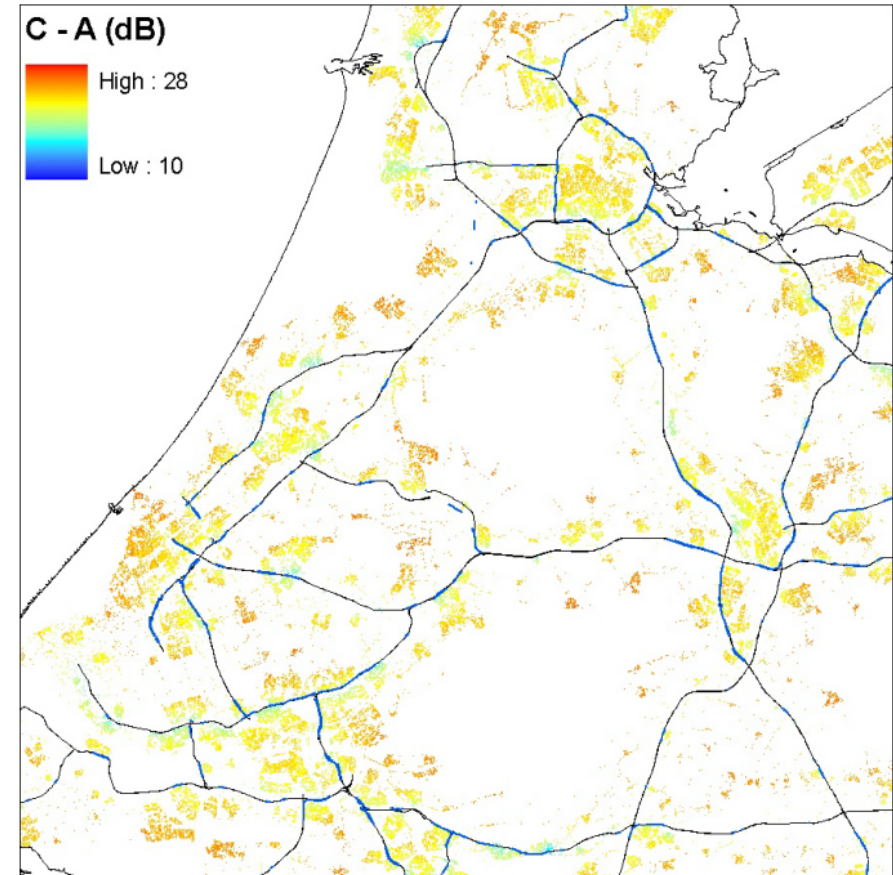


Fig. 4 C-A level difference on dwellings in the 'Randstad'

\* Consists of the four largest cities (Amsterdam, Rotterdam, The Hague and Utrecht)

# Evaluation of low frequency noise impact from motorways in the Netherlands

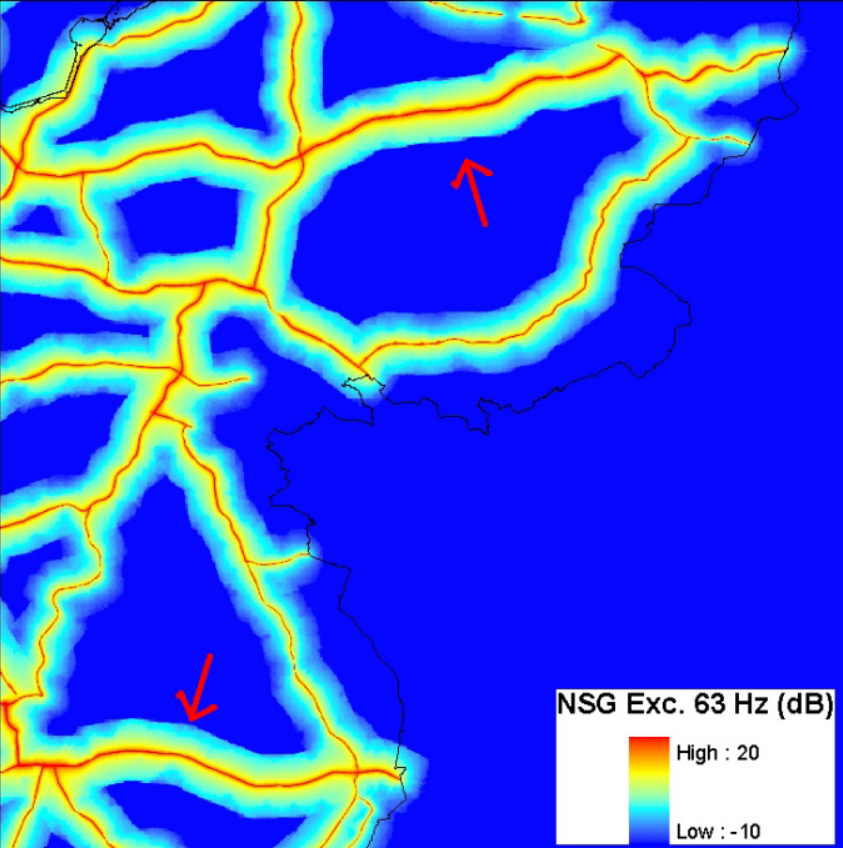


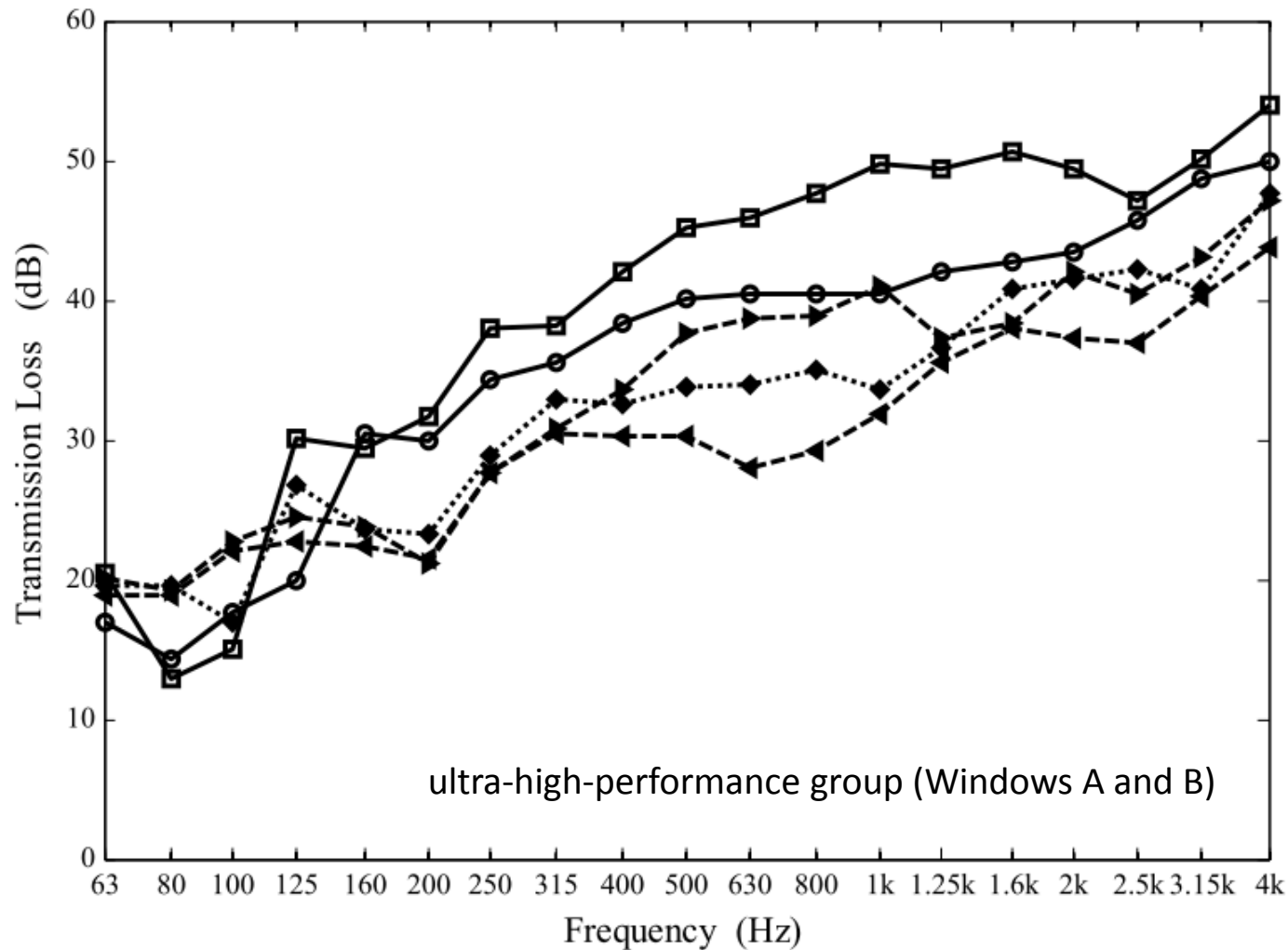
Fig. 6. Noise Map of roads with large Amounts of Heavy Vehicles

Guideline	Number of households (Mio)	Total percentage of households
NSG* guideline 63 Hz	3.00	43
NSG* guideline 125 Hz	5.60	79
dBC-A $\geq$ 15 dB	4.20	59
dBC-A $\geq$ 20 dB	0.64	9

\* the LF-guideline according to the Dutch Association for Noise Annoyance (NSG)

Quelle: Schreurs et al. , Acoustics `08



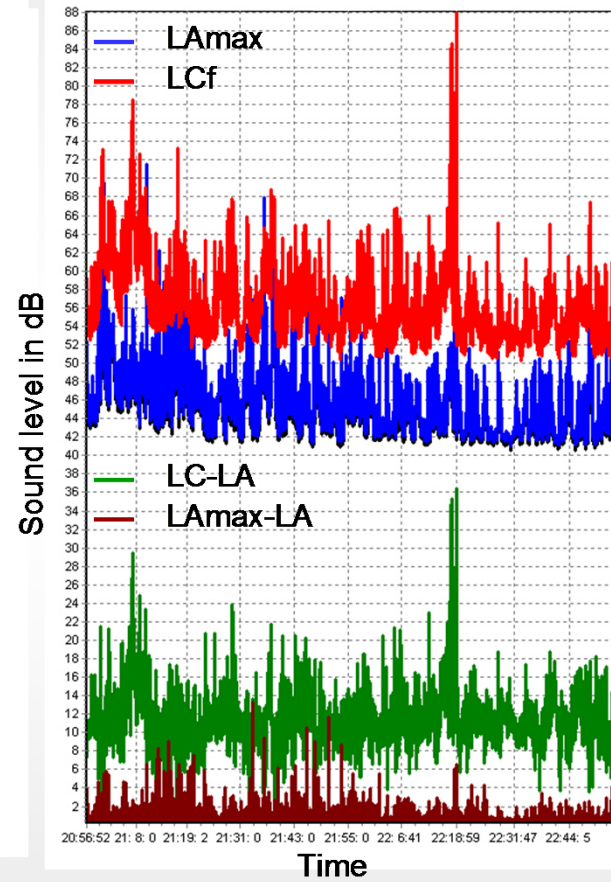
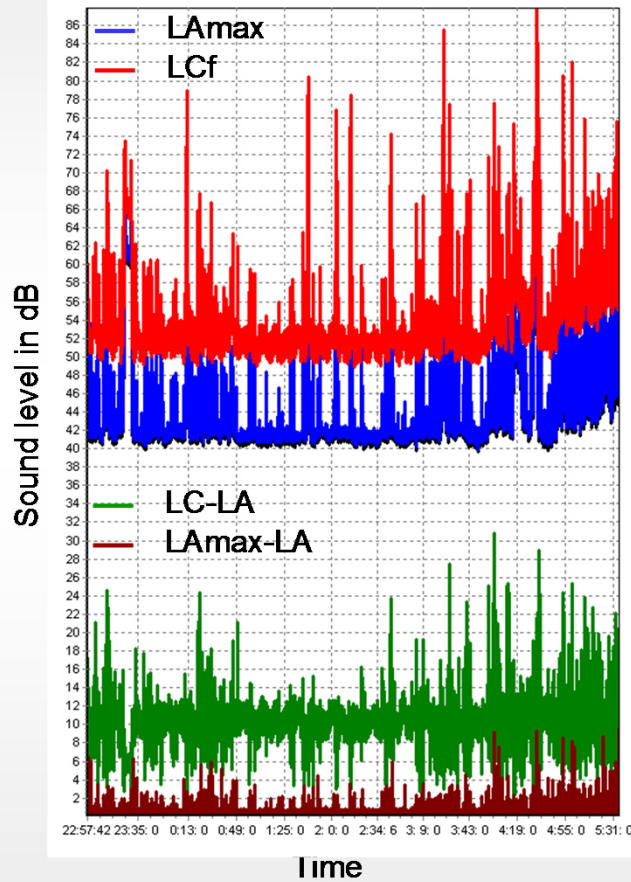


Hodgdon KK et al. Low Frequency Noise Study, 2007

Transmission loss of five high-performance windows. Window A (o-), Window B (□-), Window C (◆..), Window D (◀--), Window E (▶--).

# Tieffrequenter Lärm - Impulslärm

Schallpegel Schiene in dB

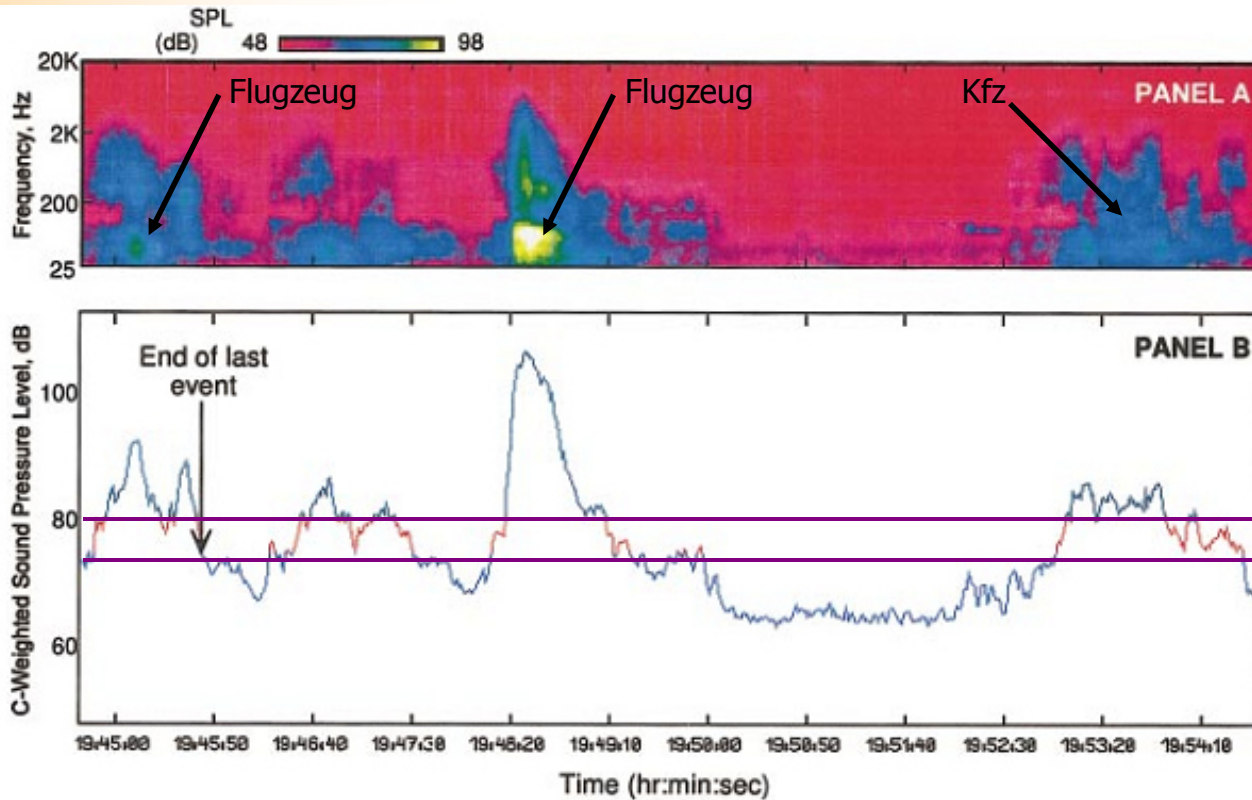


Bad Gastein, ca. 80 m von der Schiene entfernt

Lercher et al. Internoise 2013

Nachweis für tieffrequenten Lärm (LC-LA) und Impulslärm (LAmox-LA)  
Links: Gesamtnacht – Rechts: 2h Ausschnitt

## Panel A: Frequenz-Pegel-Zeitdiagramm: unbewerteter Pegel

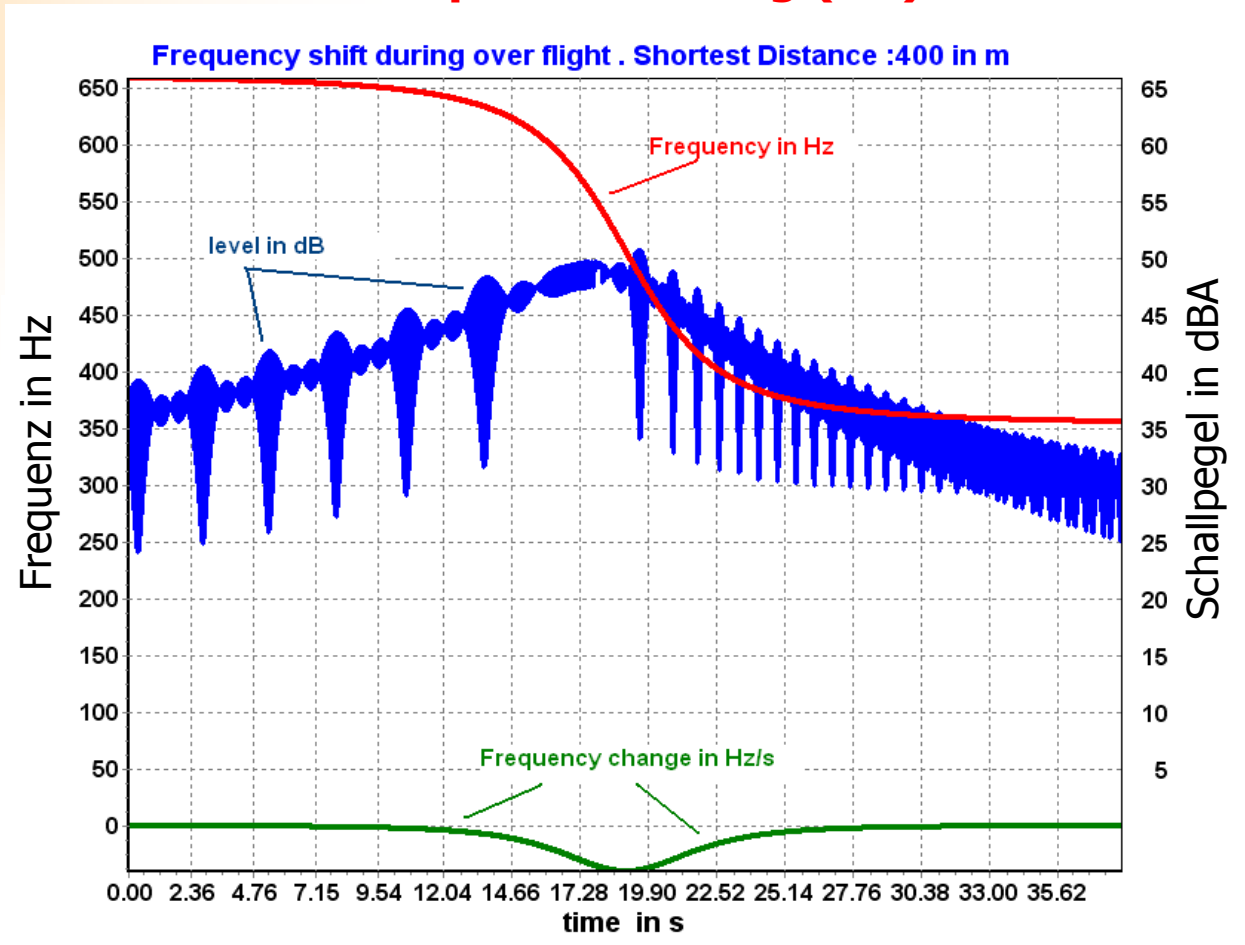


## Panel (B) Zeit-Pegeldiagramm: C-Bewertung

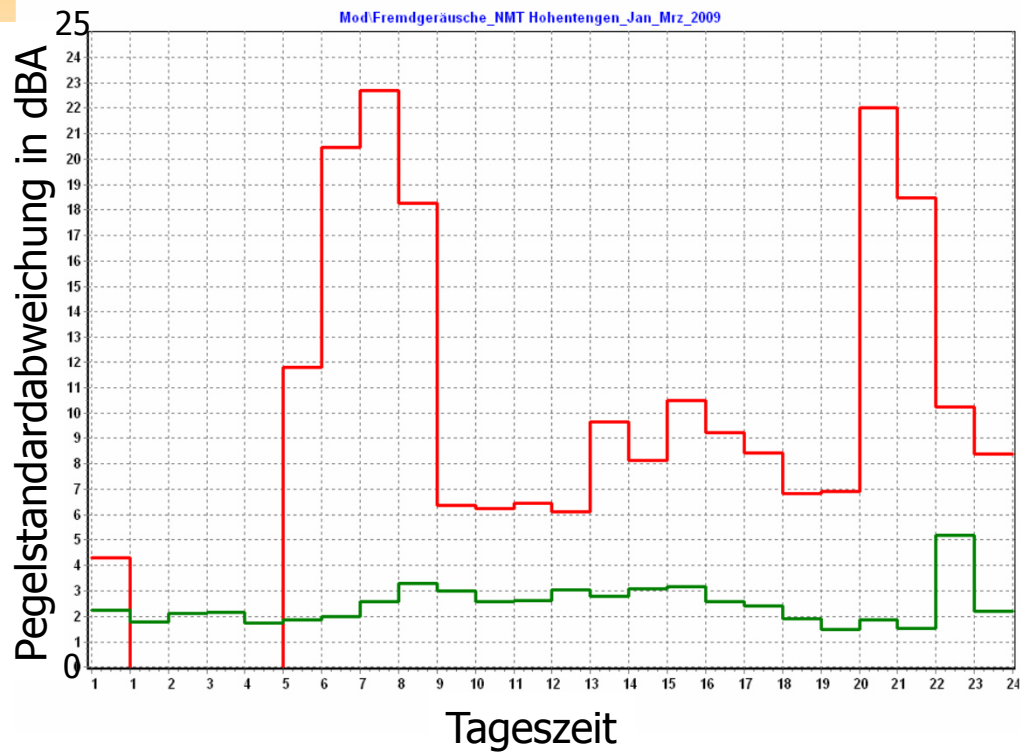
\*In diesem Pegelbereich (C – gewichtete 75-80 dB) treten Vibrationen (Körperschall) und Phänomene des sekundären Luftschalls häufig auf)

# Landeanflug: Tonale Komponenten moduliert

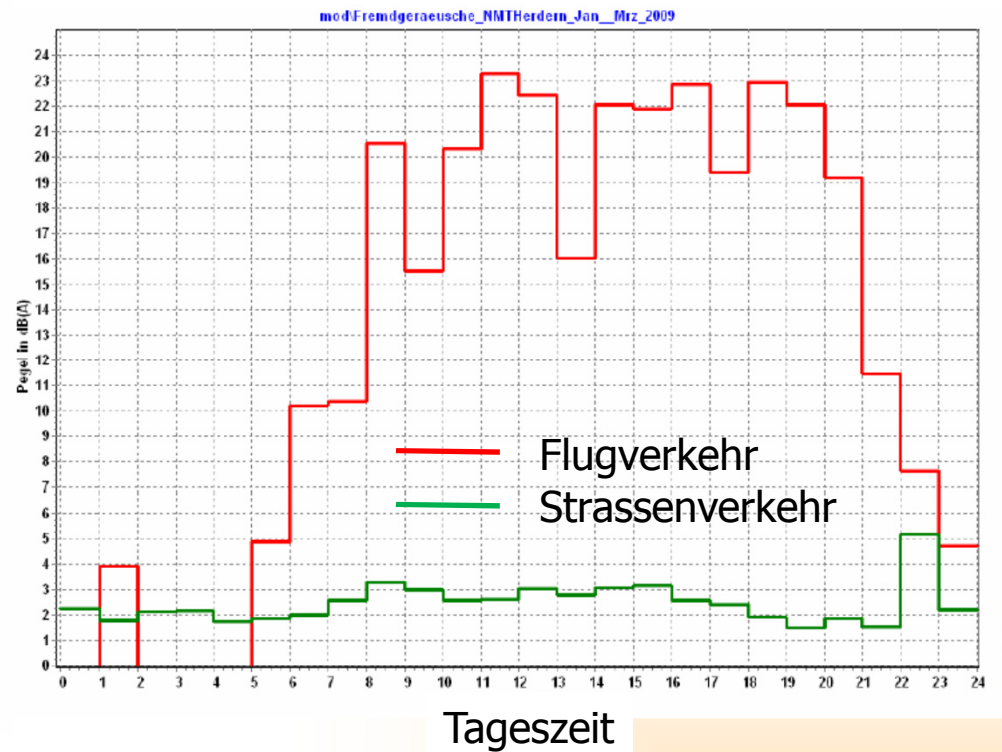
Darstellung des Dopplereffekts mit eingebetteten **Modulationen(blau)** und der **Frequenzänderung (rot)**



# Wahrnehmungsorientierte Quellen-Dominanz-Analyse

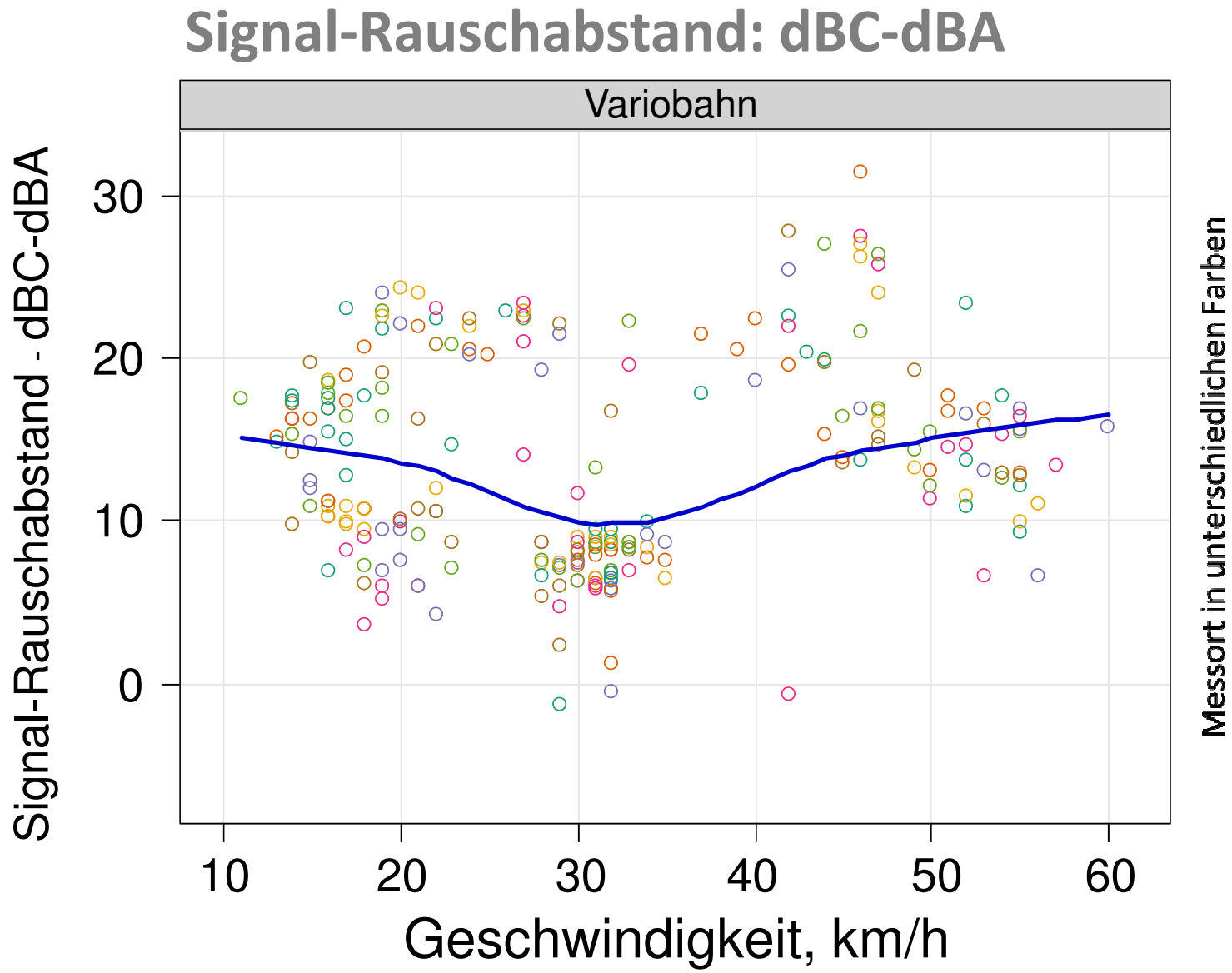


**Abb. A.** Pegelstandardabweichung Hohentengen



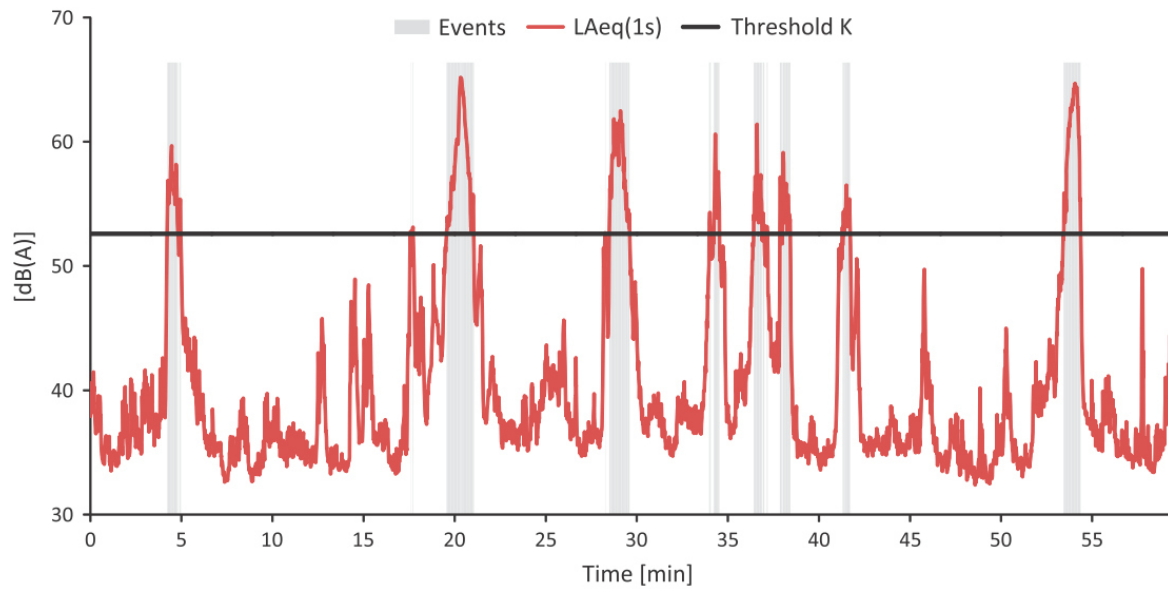
**Abb. B.** Pegelstandardabweichung Herdern

# Beispiel: Strassenbahn



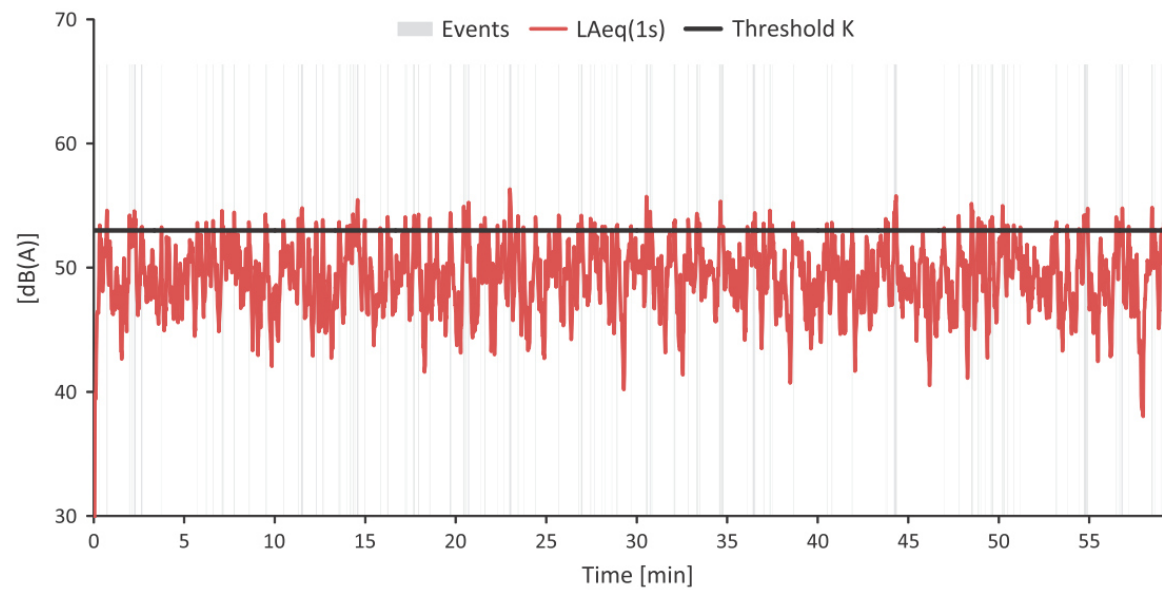
reduzierte Vorerhebungs-Schwelle (von 20dB auf 15dB) im Neuentwurf der DIN 45680

Quelle: Wunderli et al. (2015). Intermittency ratio: A metric reflecting short-term temporal Variations of transportation noise exposure. Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology.



# Fluktuation

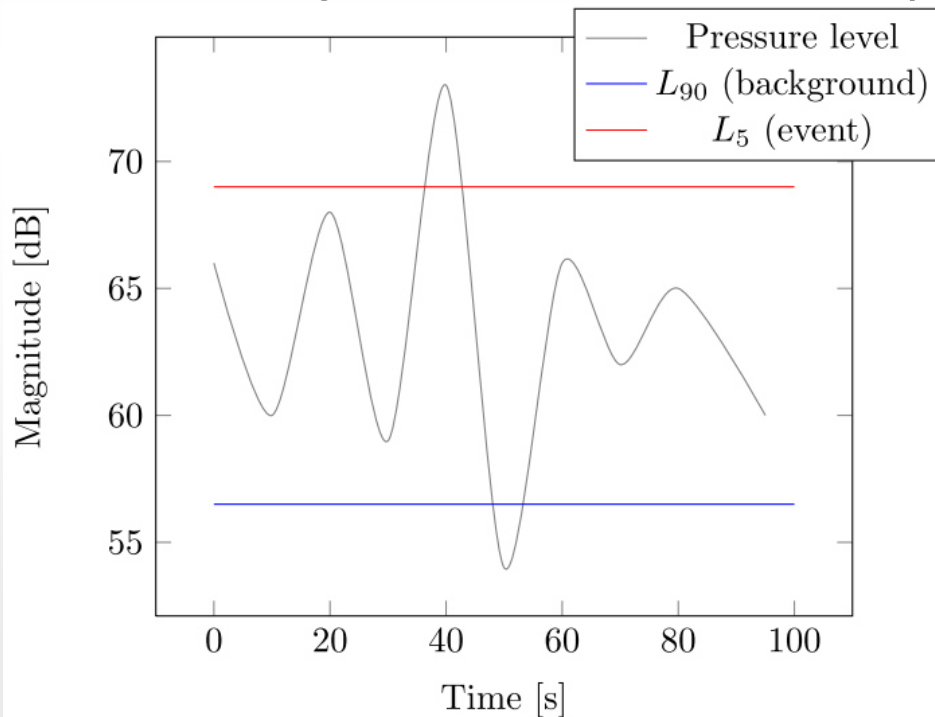
Intermittency ratio (IR)  
= 87%



Intermittency ratio (IR)  
= 19%

## Fluktuation and Emergenz

- Definiert durch Perzentilen nach Lärmquelle.
  - ▶ Fluktuation: Ereignis gegen Pegelhintergrund der spezifischen Quelle (verschieden für die Quellen)
  - ▶ Emergenz: Ereignis gegen Gesamtpegelhintergrund abzüglich der untersuchten spezifischen Quelle

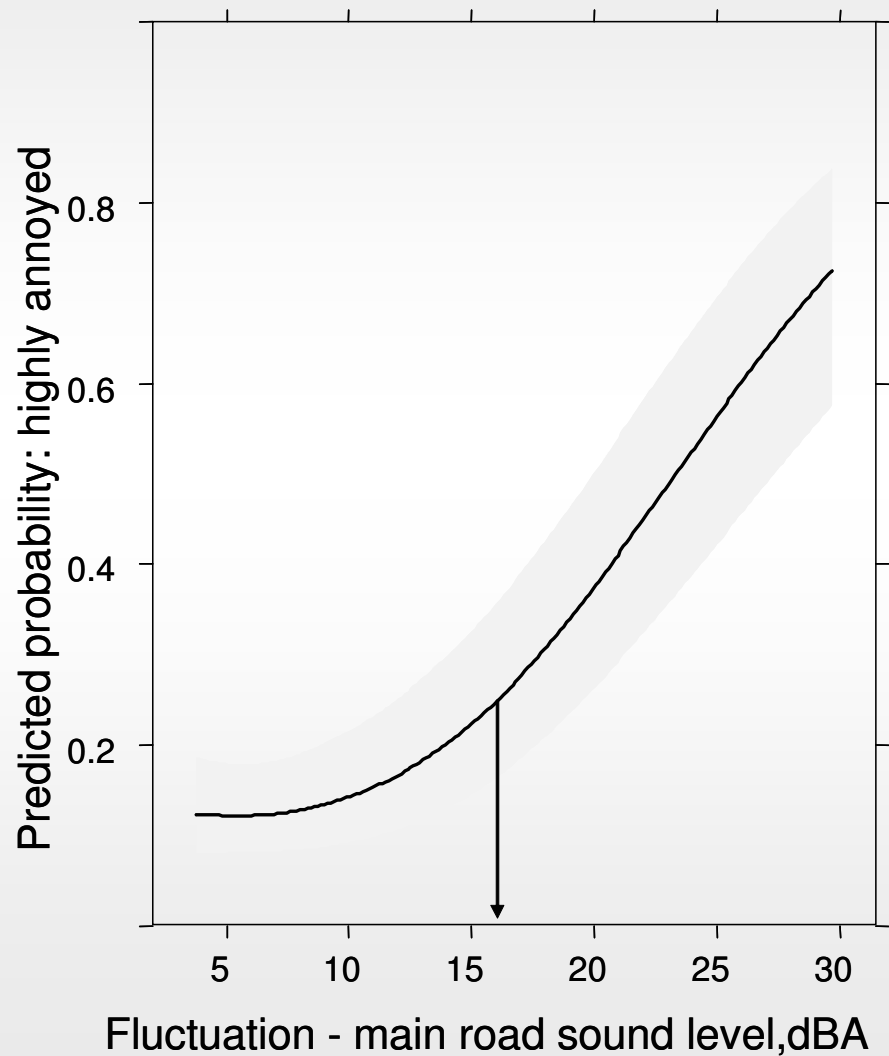


z.B.  
L05 für Hauptstraße  
L10 für Schiene & Autobahn

z.B.  
L95 für Hauptstraße  
L90 für Schiene & Autobahn



## Fluktuation und Belästigung: Hauptstraße



### Abbildung 1.

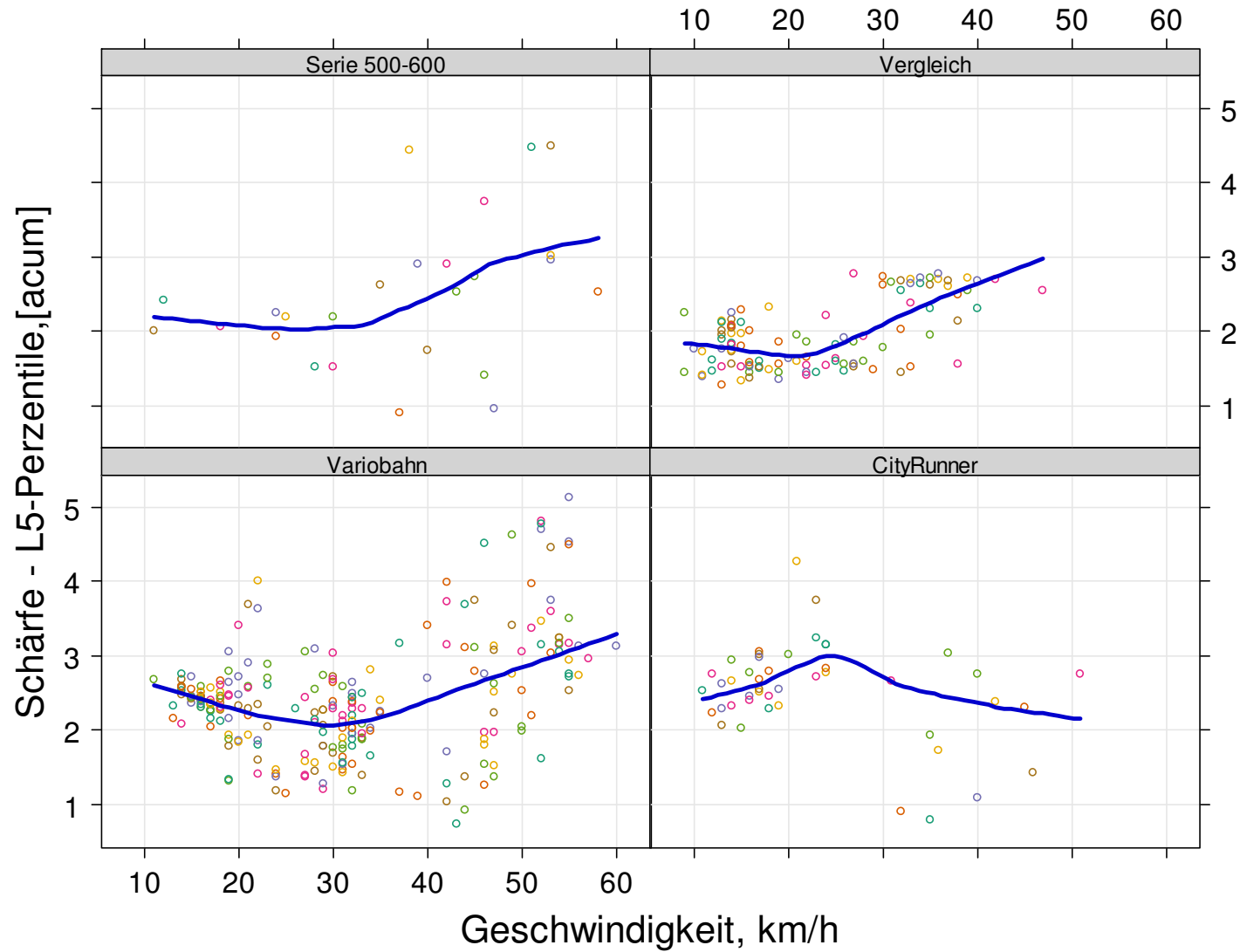
Fluktuation (LA05-LA95) und % stark belästigt durch Hauptstraßenlärm

### Zusätzliches Ergebnis

Ein Anstieg der Emergenz von 0 auf 10 dBA verringert den Schwellenwert für 25% stark Belästigte bereits um 4 dBA

# Beispiel: Strassenbahn

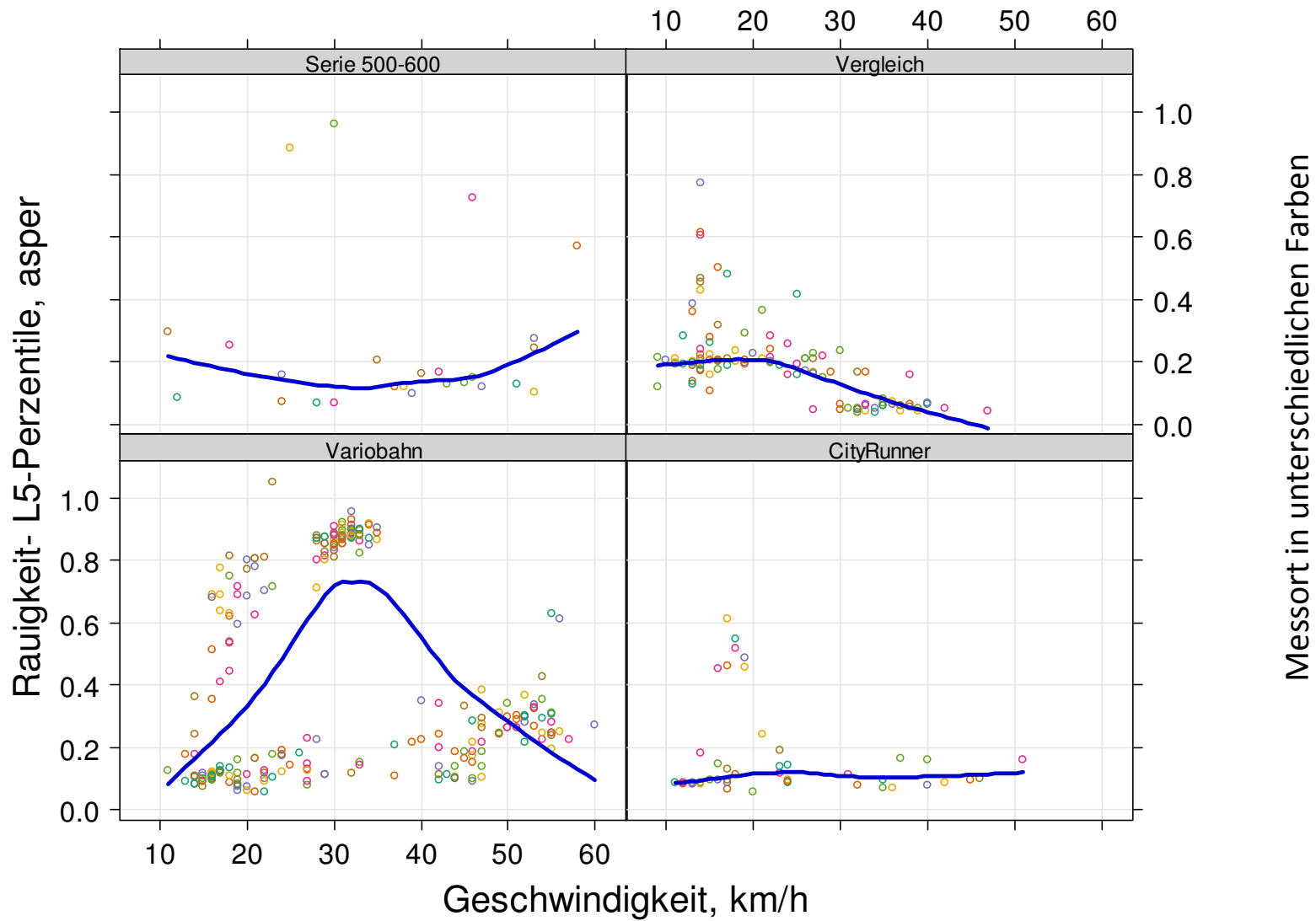
## SCHÄRFE: nach Fahrzeug und Geschwindigkeit



Messort in unterschiedlichen Farben

# Beispiel: Strassenbahn

## RAUIGKEIT: nach Fahrzeug und Geschwindigkeit

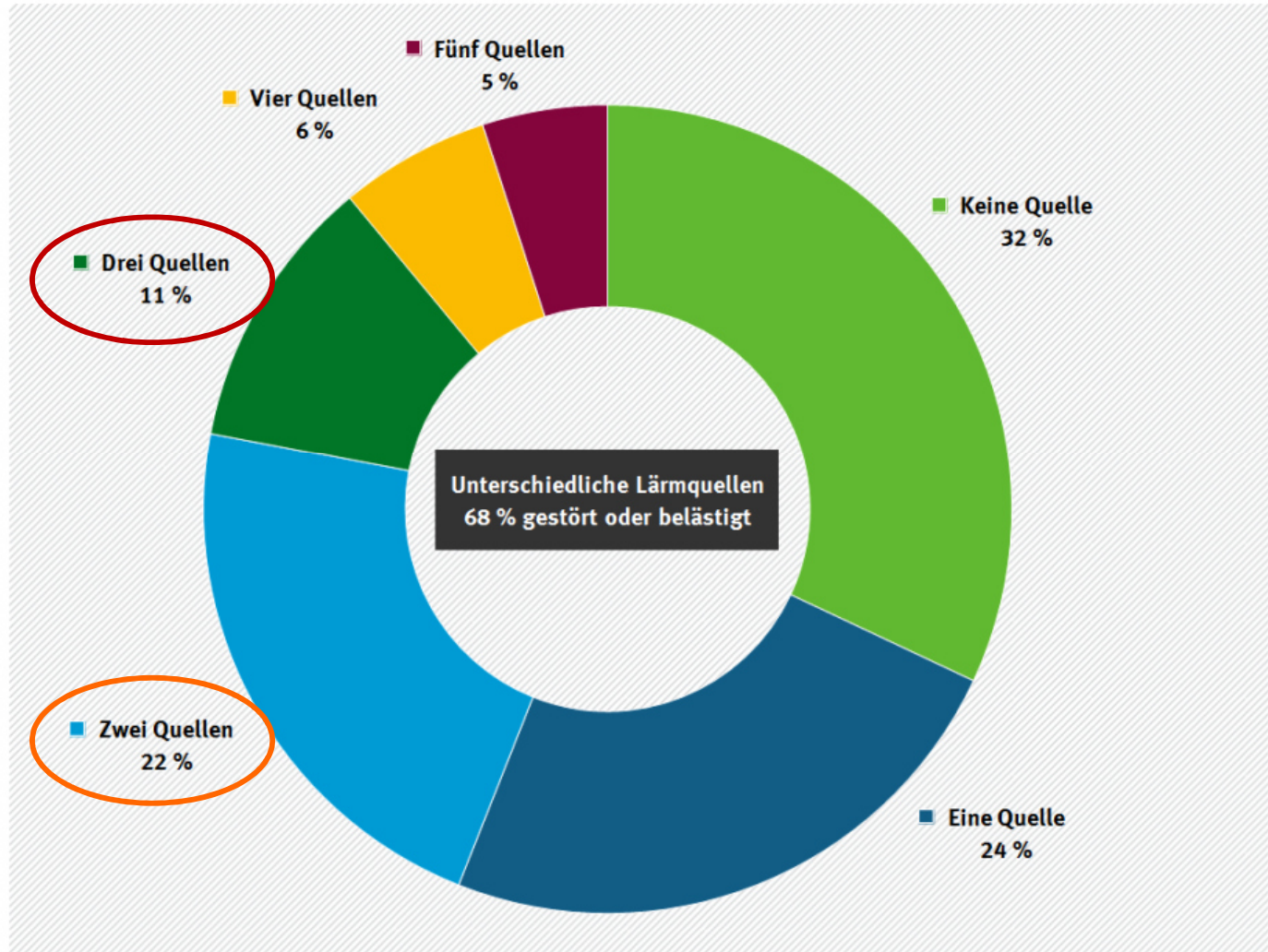


Potenzielle Kombinationswirkungen

**SCHALLQUELLEN-KOMBINATIONEN**

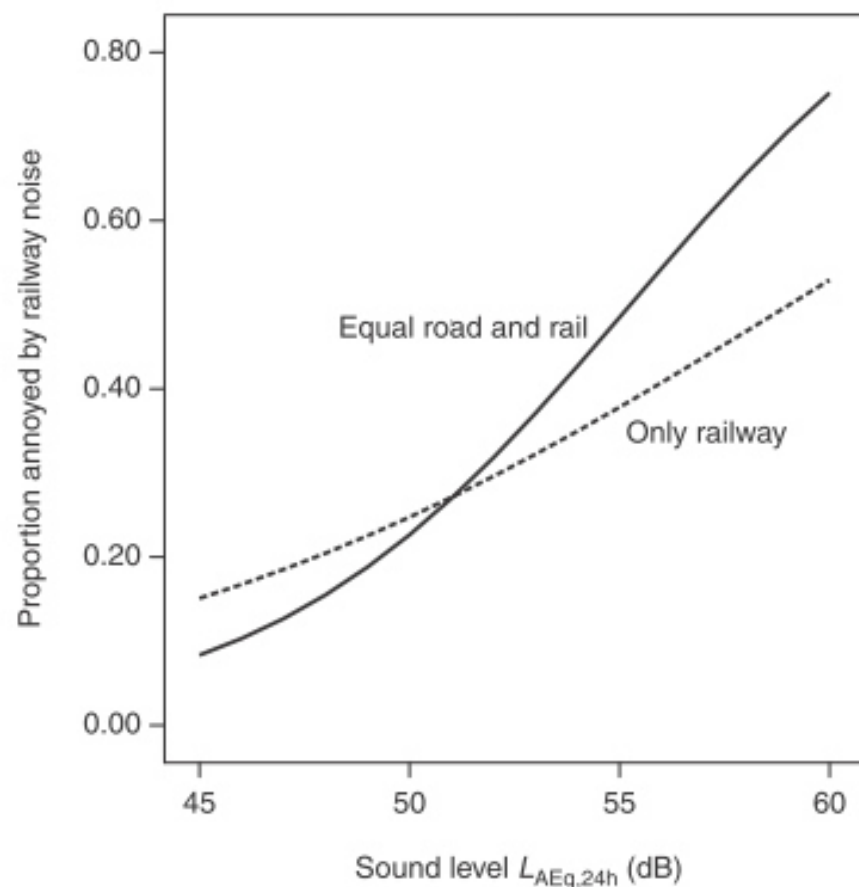
# Die Mehrquellen-Problematik Wie gross ist das Problem ?

Lärmbelastung durch mehrere Lärmquellen (in %)

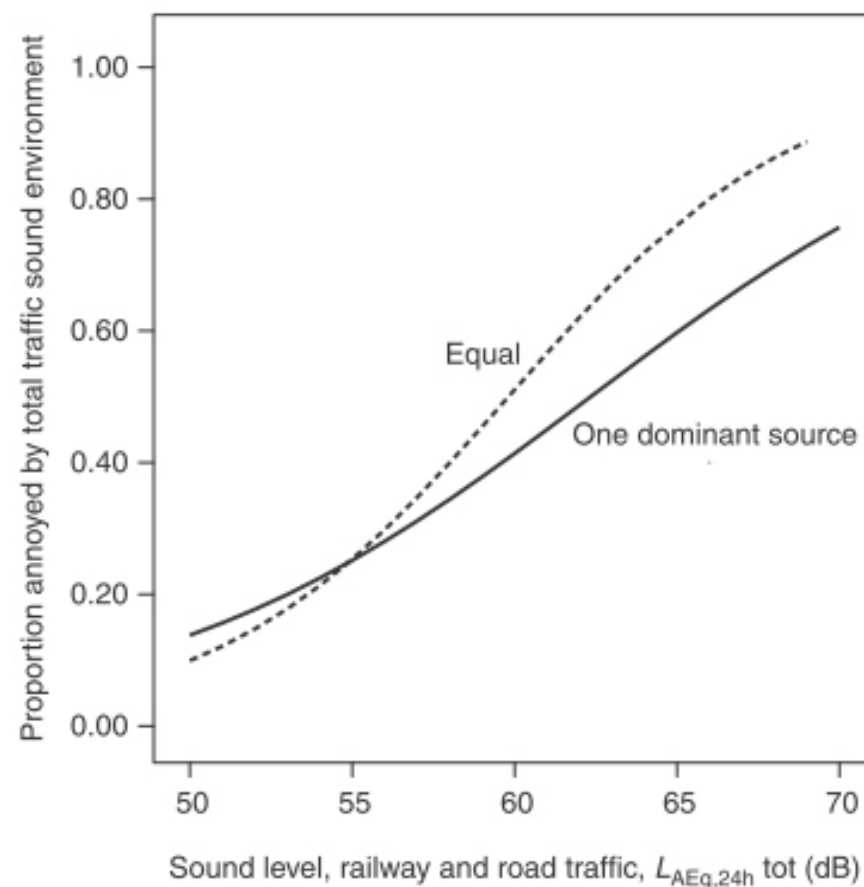


Daten: Umweltbewusstsein in Deutschland 2014

Quelle: Umweltbundesamt 2015



Equal road & rail (less than or equal to 1 dBA diff.,  $n=386$ )  
 Only rail (road traffic noise < 51 dBA,  $n=305$ )

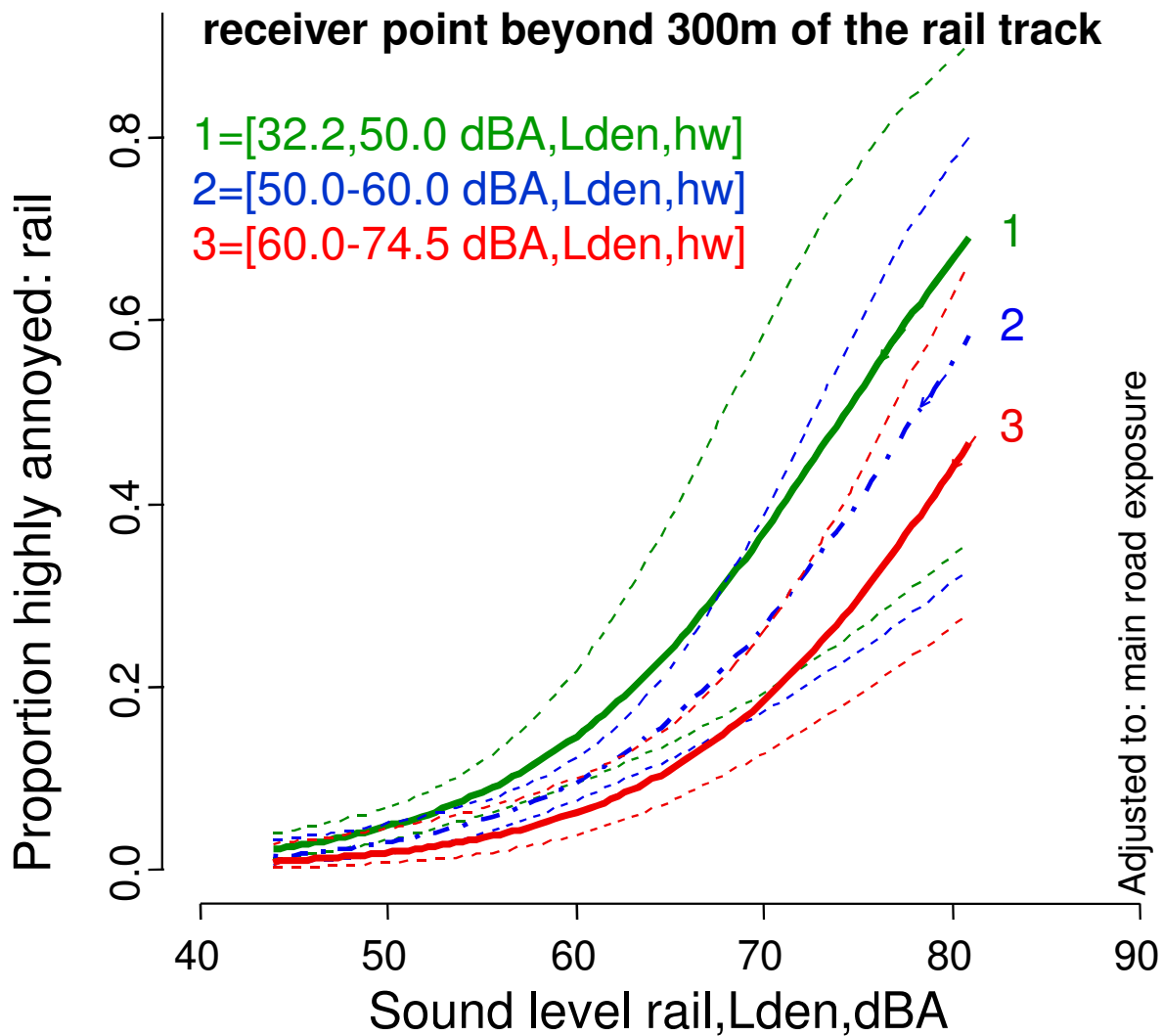


Equal dwellings (diff. rail-road = -2 to +2 dBA,  $n=683$ )  
 One dominant source dwelling (diff. rail-road > 2 dBA,  $n=1270$ )

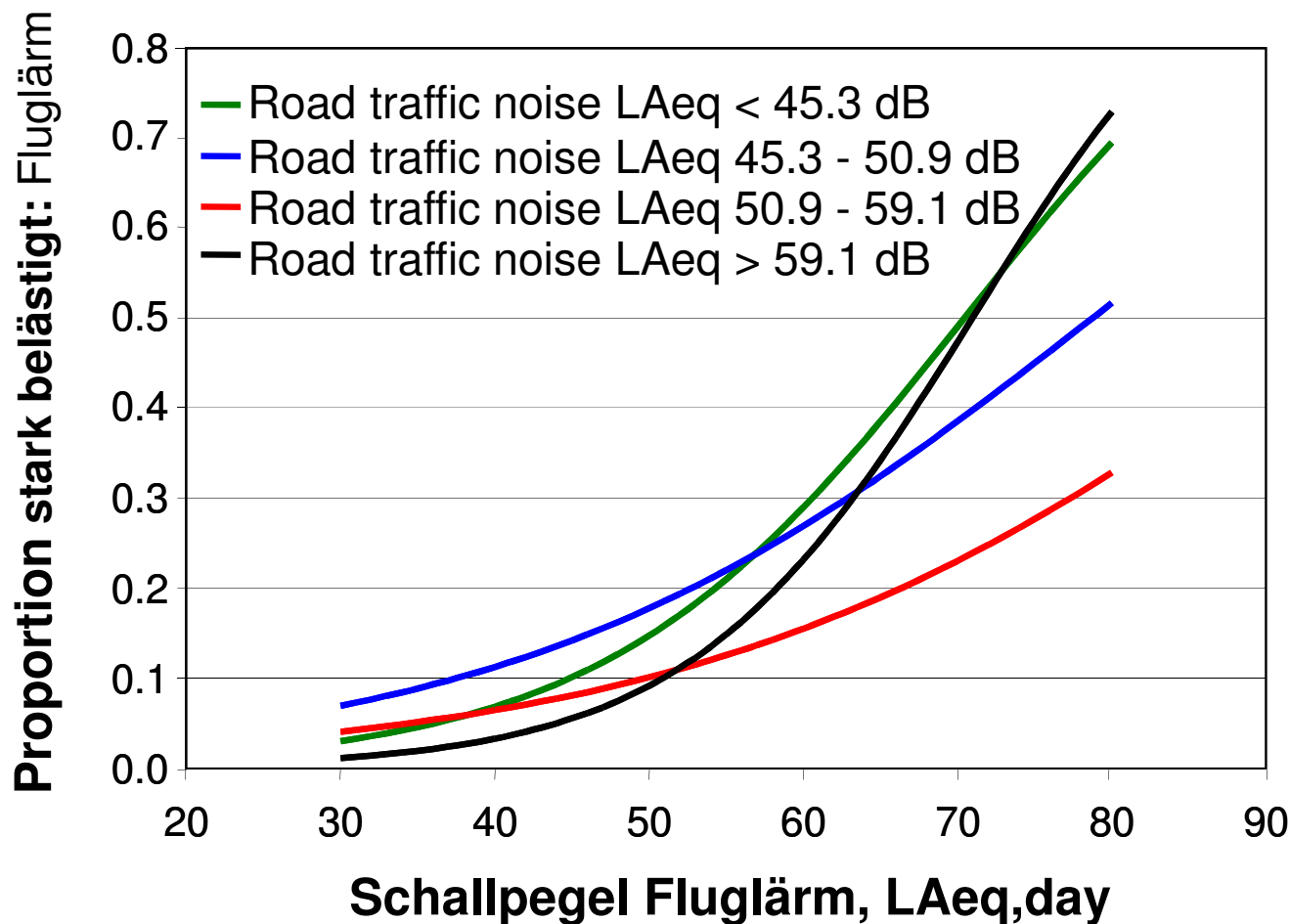
**Figure 2** Estimated relationship between sound level of rail or road (left) or total traffic sound exposure level  $L_{Aeq, 24 h, tot}$  for persons equally exposed to railway and road traffic noise (upper curve) and for those exposed to one dominant noise source (railway or road traffic) and total annoyance (proportion moderately, very, and extremely annoyed). From Evi Öhrström. *Presentation Internoise 2007, Istanbul*.

# Rail noise - highly annoyed by highway exposure

receiver point beyond 300m of the rail track



# Kombinierte Wirkungsanalyse: Flug- und Strassenverkehrslärm



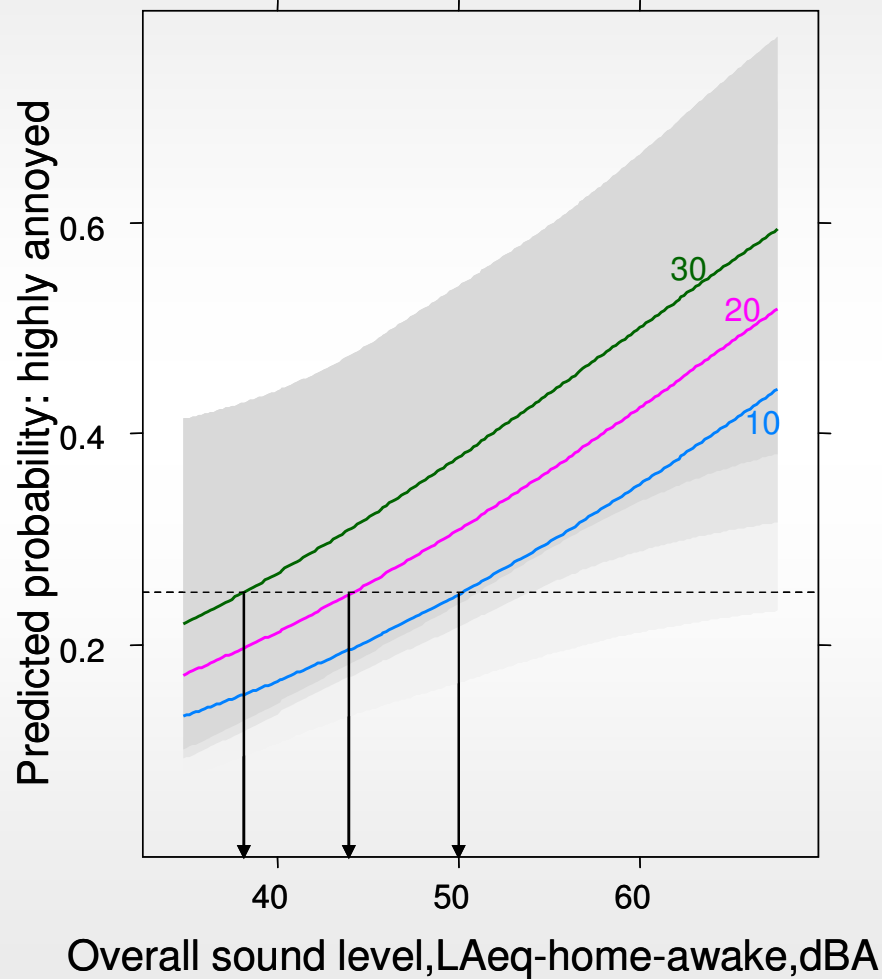
Quelle: Brink M, Lercher P. Internoise 2007

Expositions-Wirkungskurven für Fluglärm in Abhängigkeit von 4 unterschiedlichen Strassenverkehrslärm-Niveaus

Daten Basis: Swiss noise study 2000: N=1563



# Mehrquellenmodell



## Abbildung 5.

Gesamt LAeq-home-awake\* und % stark belästigt durch alle Quellen (Hauptstraße, Schiene und Autobahn)

Mit dem zusätzlichen Effekt verschiedener Fluktuations-niveaus (10 to 30 dBA)

Wenn die Fluktuation sehr hoch ist (z.B. 30 dBA) verschiebt sich der Schwellenwert für 25% stark Belästigte sogar unter 40 dBA

Potenzielle Kombinationswirkungen

**ERSCHÜTTERUNGEN UND LÄRM**

# Ohne (1) und mit (2) Erschütterungen – viele Züge (3)

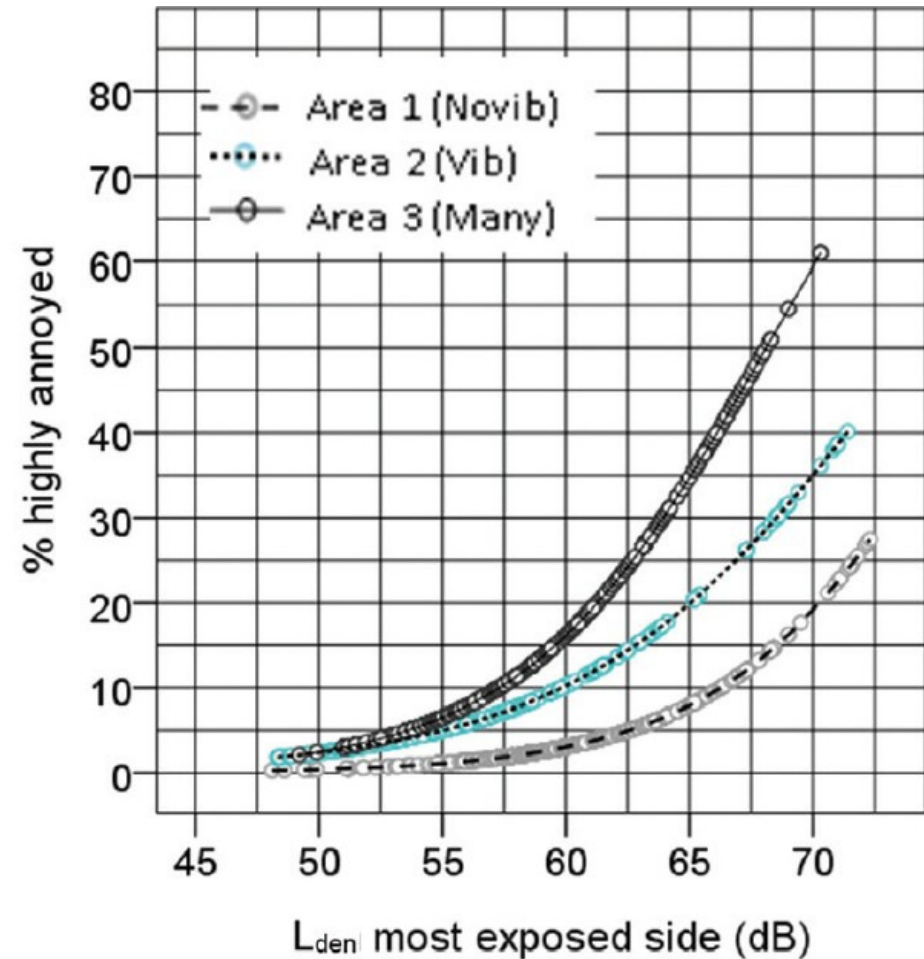
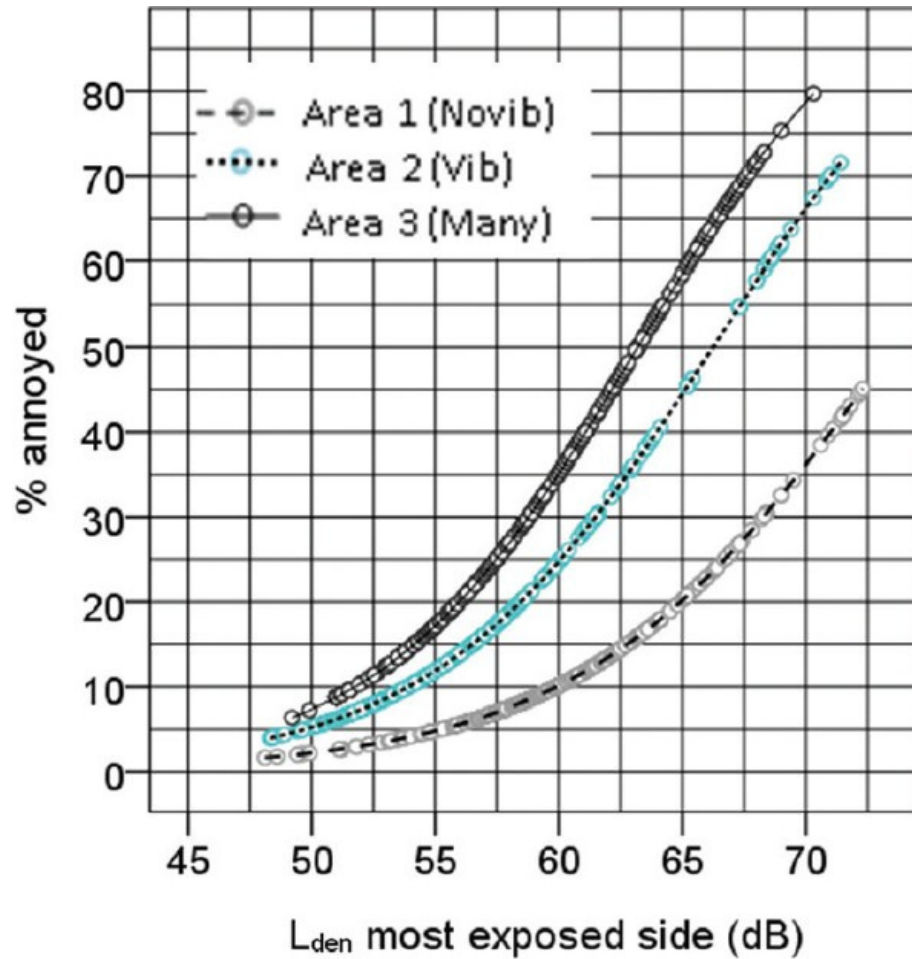
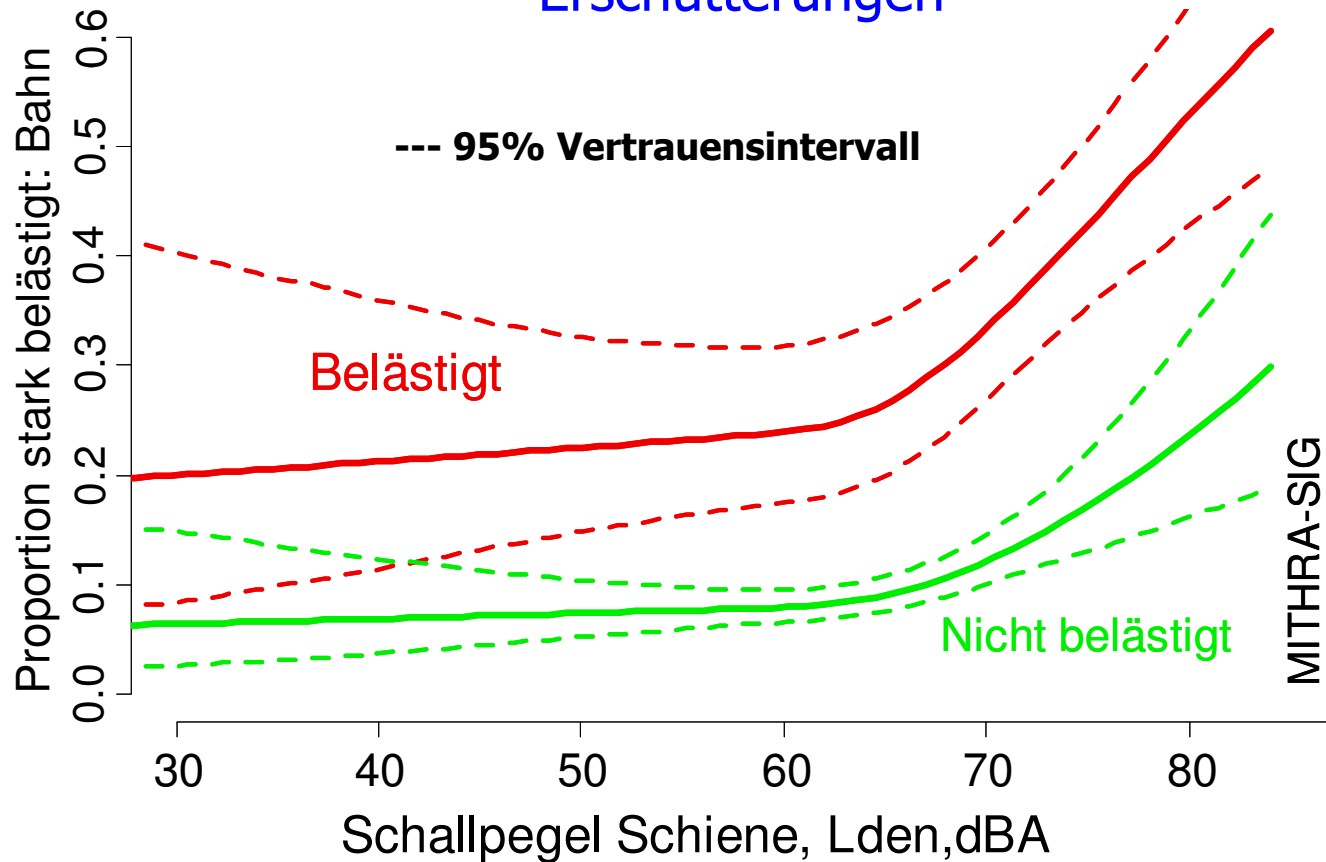


Figure 2: Estimated dose-response relation between sound levels in Lden and % annoyed (left) and % highly annoyed (right) by railway noise (Area 1 = grey, Area 2 = blue, and Area 3 = black circles)

# Kombinierte Expositions-Wirkungskurve: Schiene

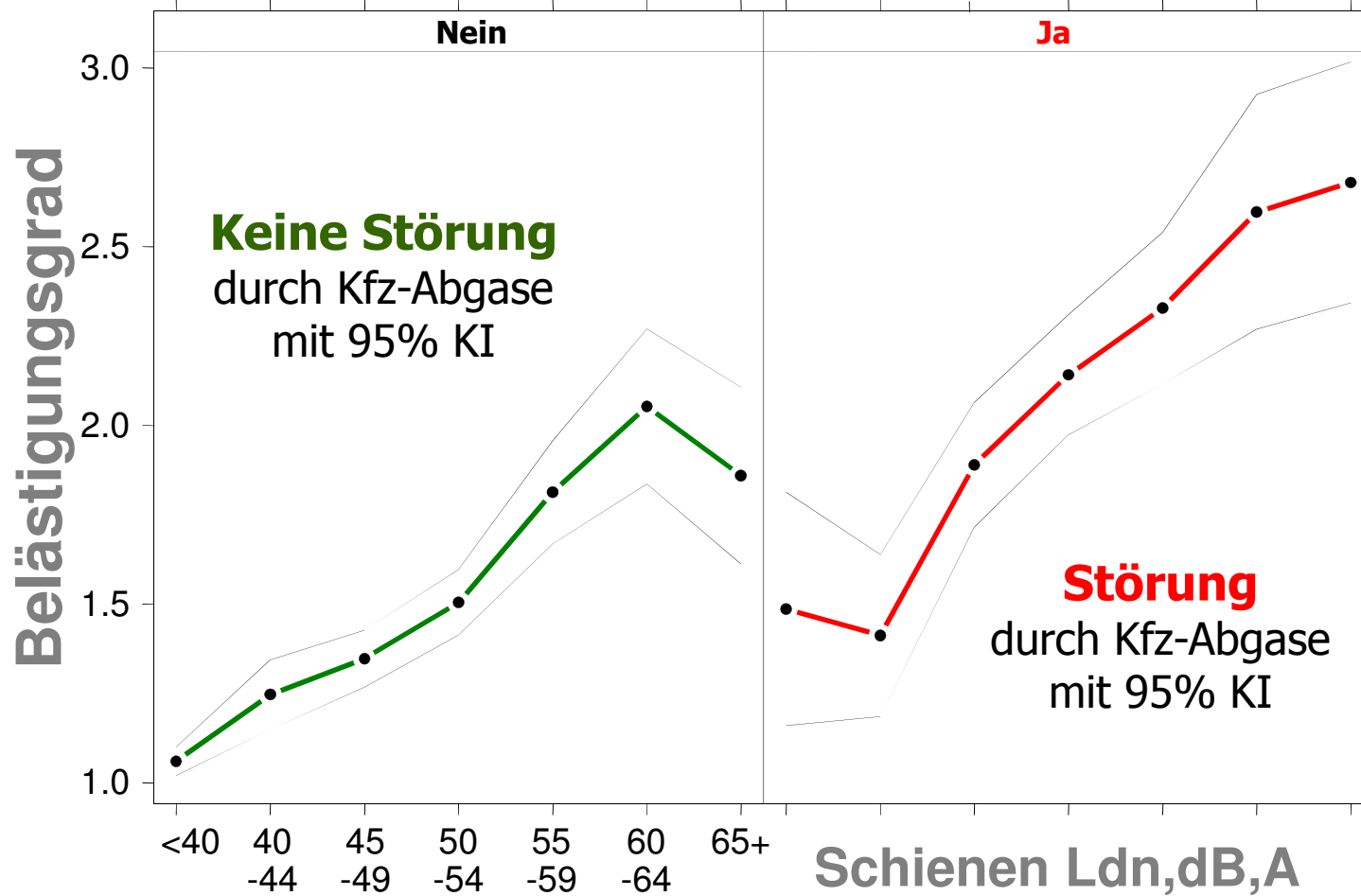
Proportion erheblich Belästigte durch Schienenlärm,  
wenn zusätzlich belästigt oder nicht belästigt durch  
Erschütterungen



# Expositions-Wirkungskurve Schienenlärm

Interaktion mit Luftqualität

<40	40	45	50	55	60	65+
	-44	-49	-54	-59	-64	

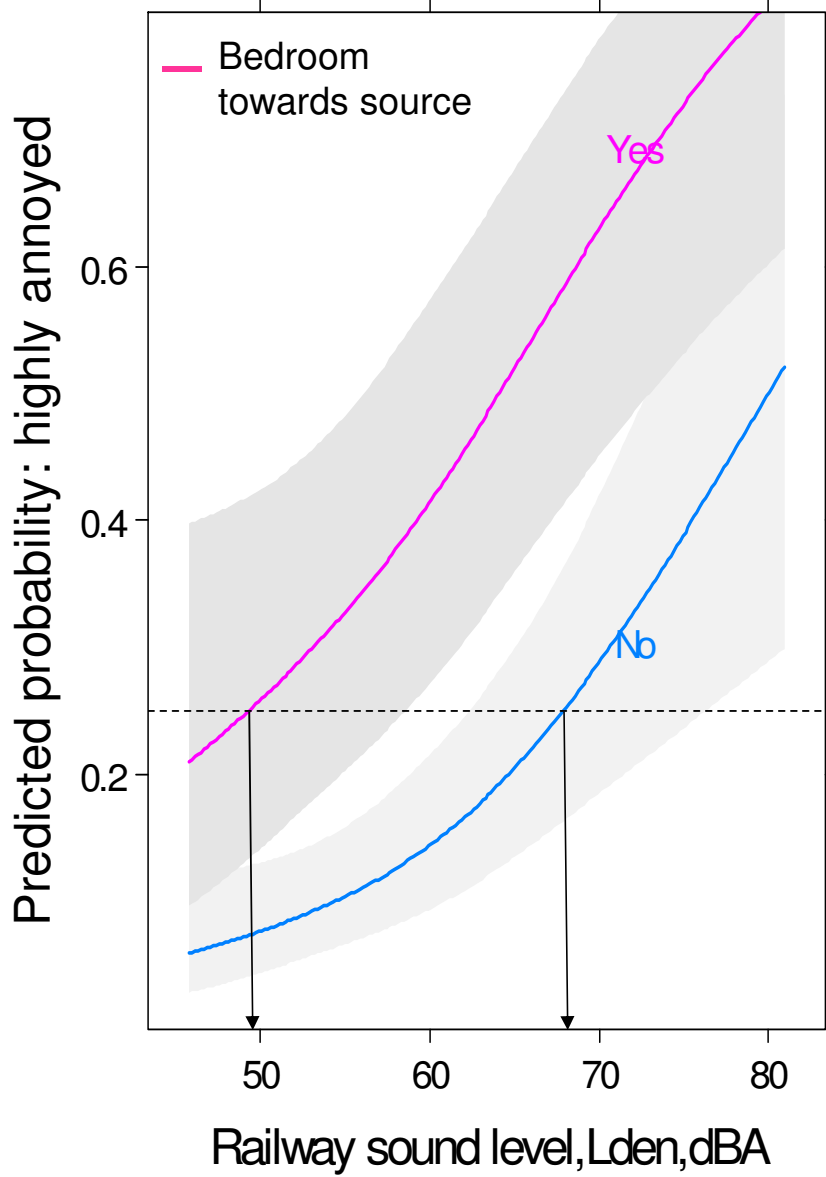
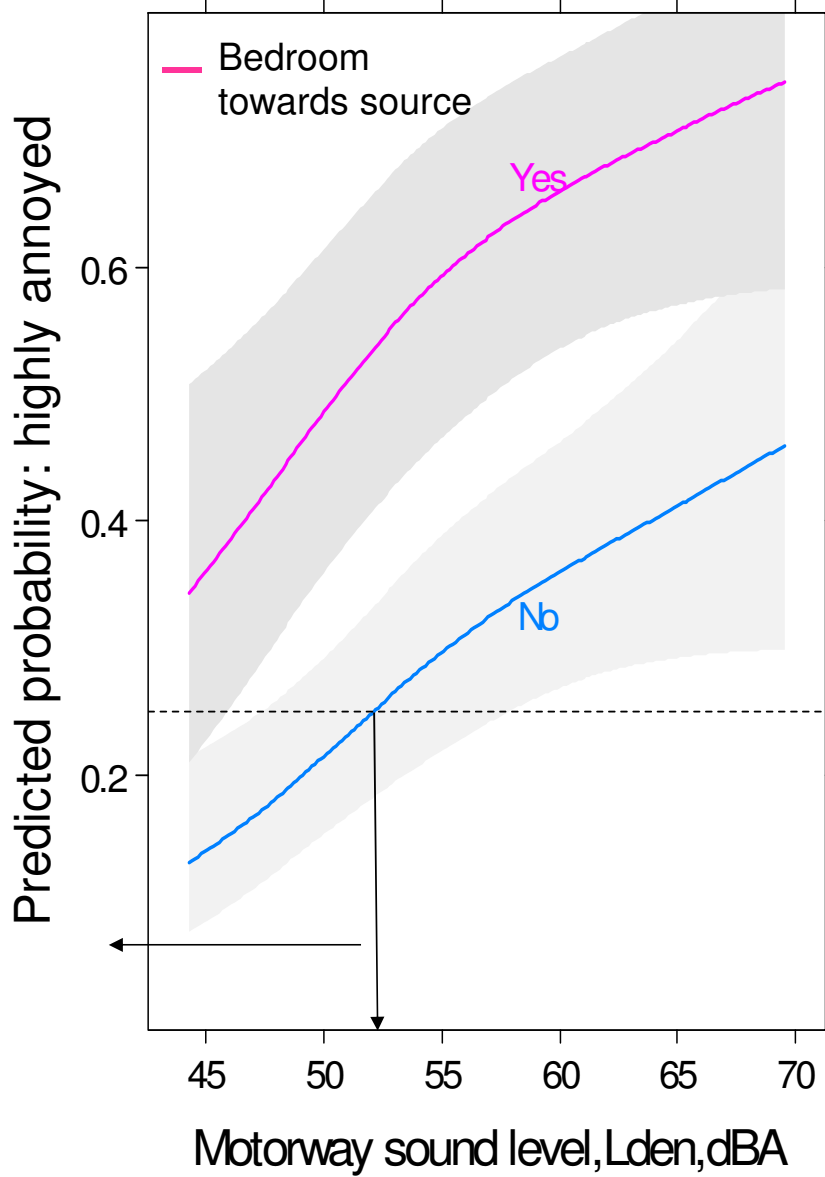


Quelle: Lercher et al., Internoise 1999

Planung: Wohnraumarchitektur und -nutzung

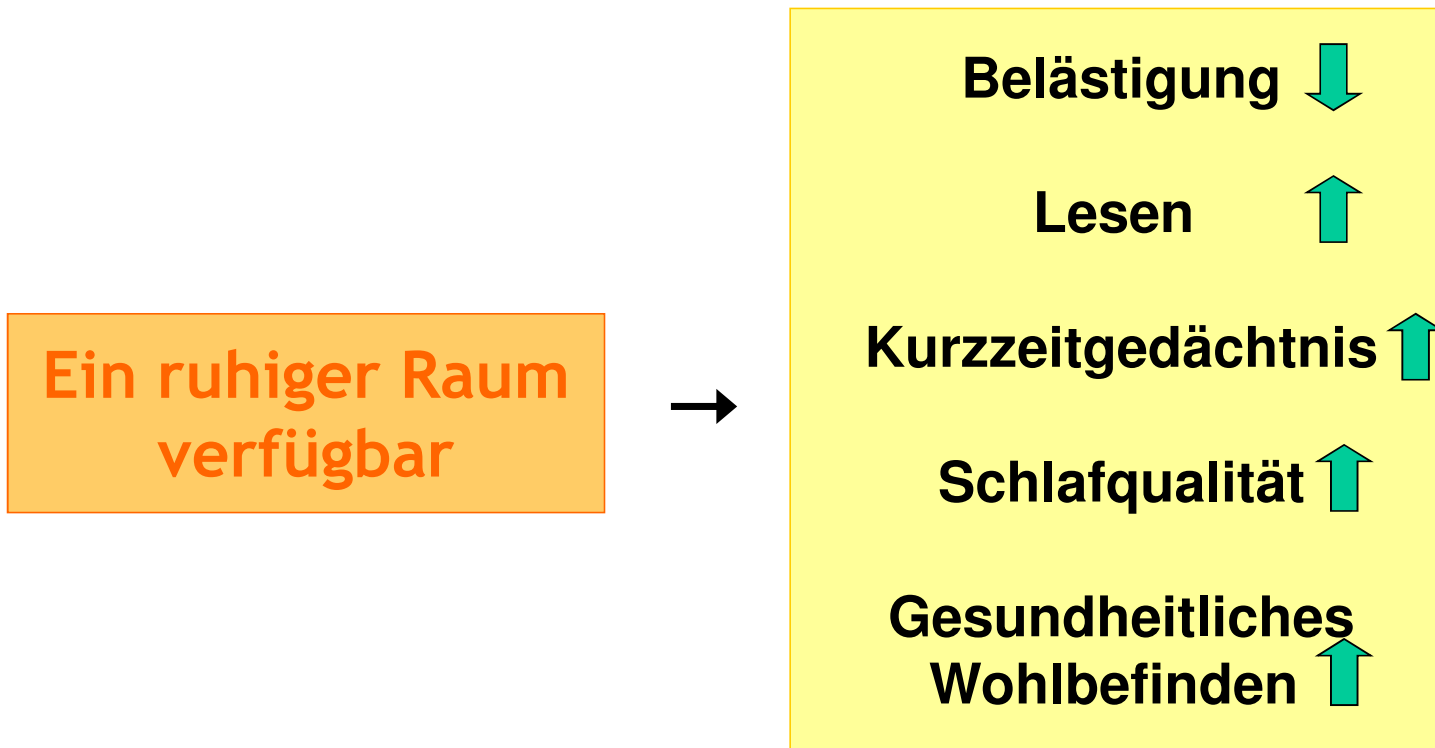
# **LÄRMMINDERUNG**

# Schlafzimmerposition zur Quelle



Adjusted for age, sex, education and noise sensitivity/health status

# Kinder und Lärmwirkungen: Rückzugsoption



Source: Eisenmann & Lercher, IAAP 2006 und AIA-DAGA 2013

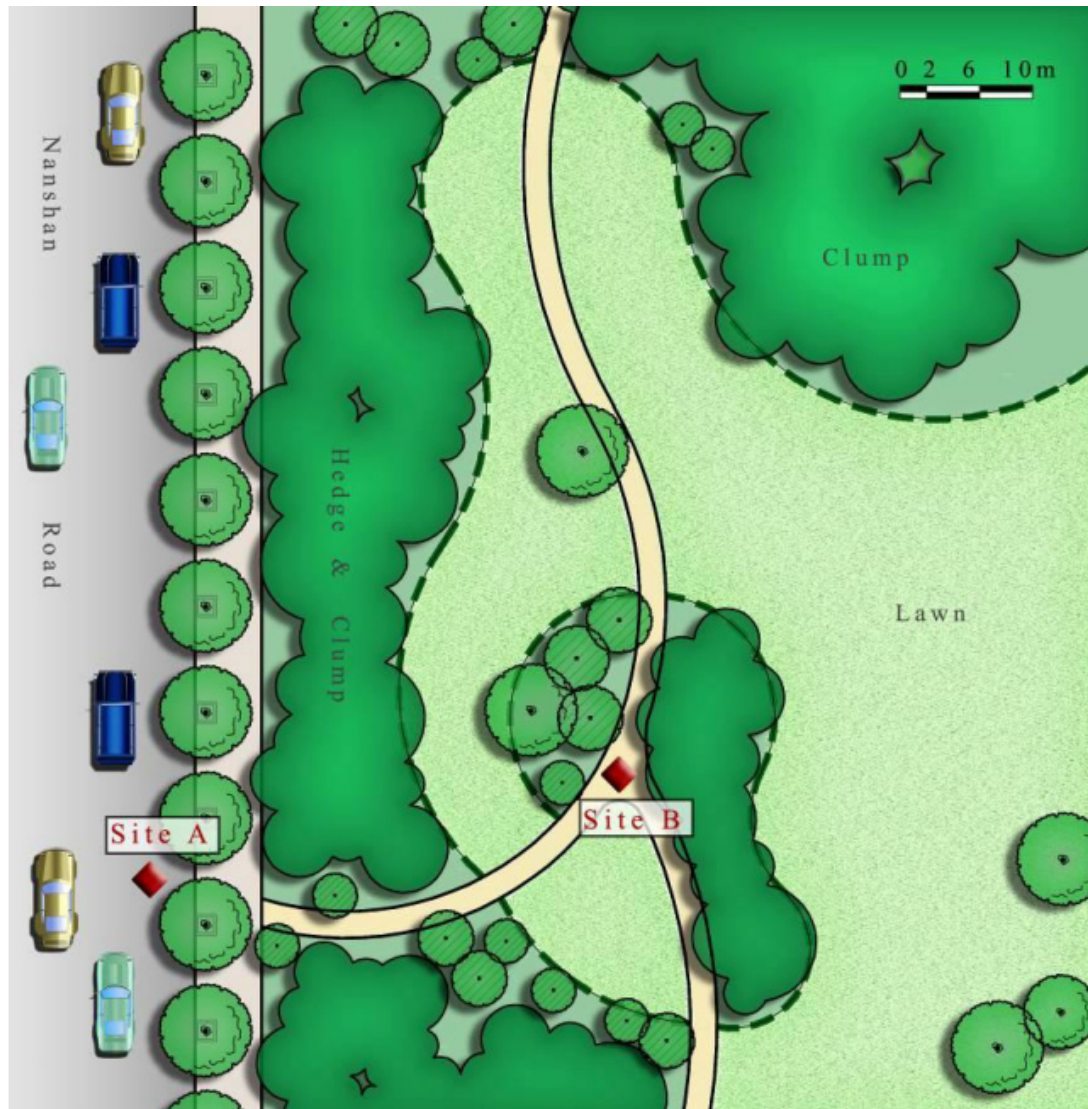
Ein integriertes Forschungsprojekt der Medizinischen Universität Innsbruck (MUI) für die UVE Brenner Basistunnel





Planung: Wohnumfeld, Restoration, Bewältigung

## **LÄRMMINDERUNG**



## Nutzung von Naturelementen

**Combined approach:** subjective (a questionnaire) and objective: two videos - showing a traffic scene (site A) and a plant scene (site B) were shown to 40 participants on video glasses and electroencephalogram recordings were taken.

The LAeq value was 68.6 dB in both cases.

**Subjective results:** 90% of the subjects believed that landscape plants contribute to noise reduction and that 55% over-rated the plants' actual ability to attenuate noise.

**Objective results:** highly significant asymmetry between the EEG activity of the vegetation scene and traffic scene groups - regardless of whether urban sounds accompany the visual observations: Mainly through synchronization of the beta frequency band and the desynchronization of the alpha frequency band, **indicating that landscape plants can moderate or buffer the effects of noise**

Yang, F., Bao, Z. Y., & Zhu, Z. J. (2011). An Assessment of Psychological Noise Reduction by Landscape Plants. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 8(12), 1032–1048. doi:10.3390/ijerph8041032

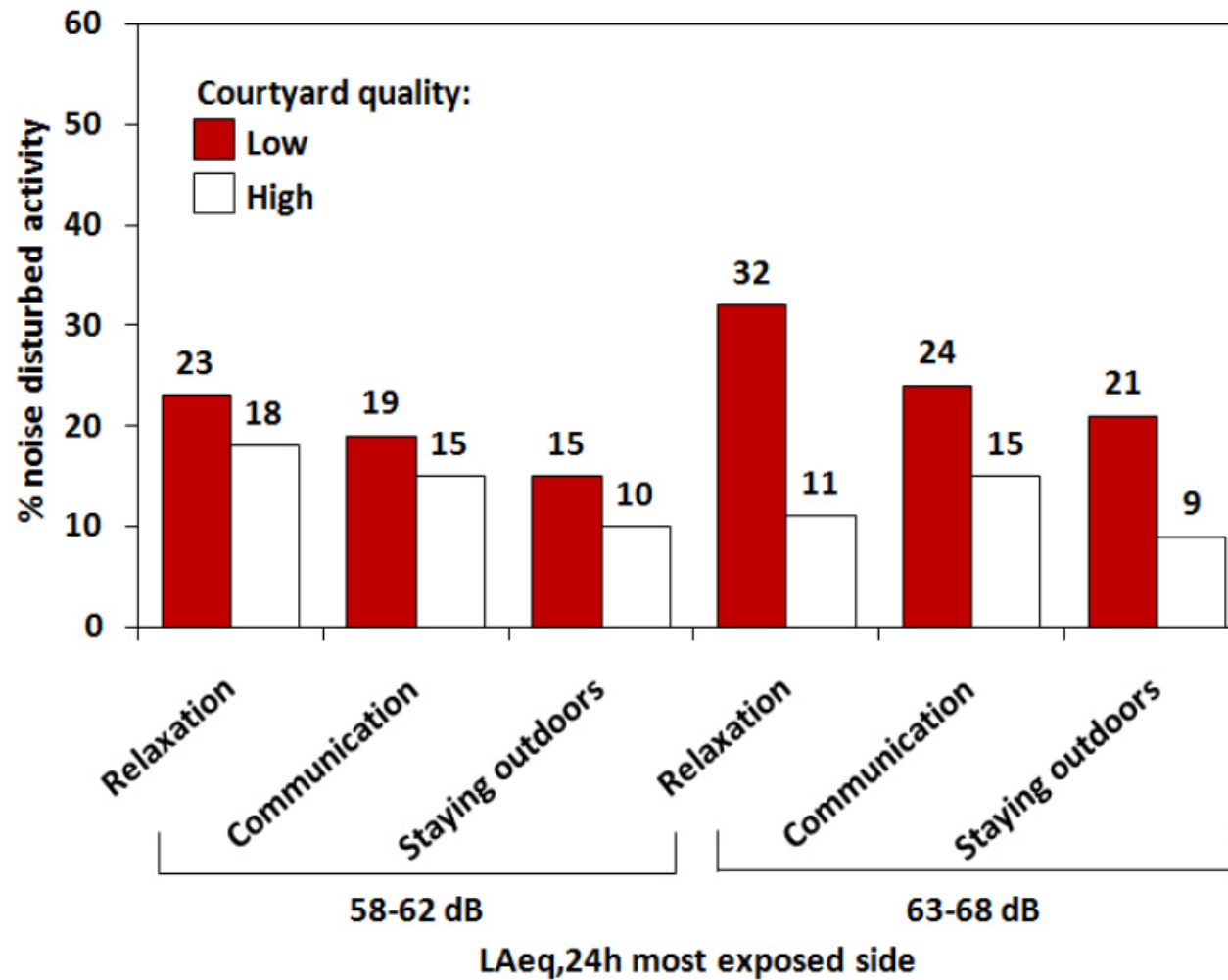
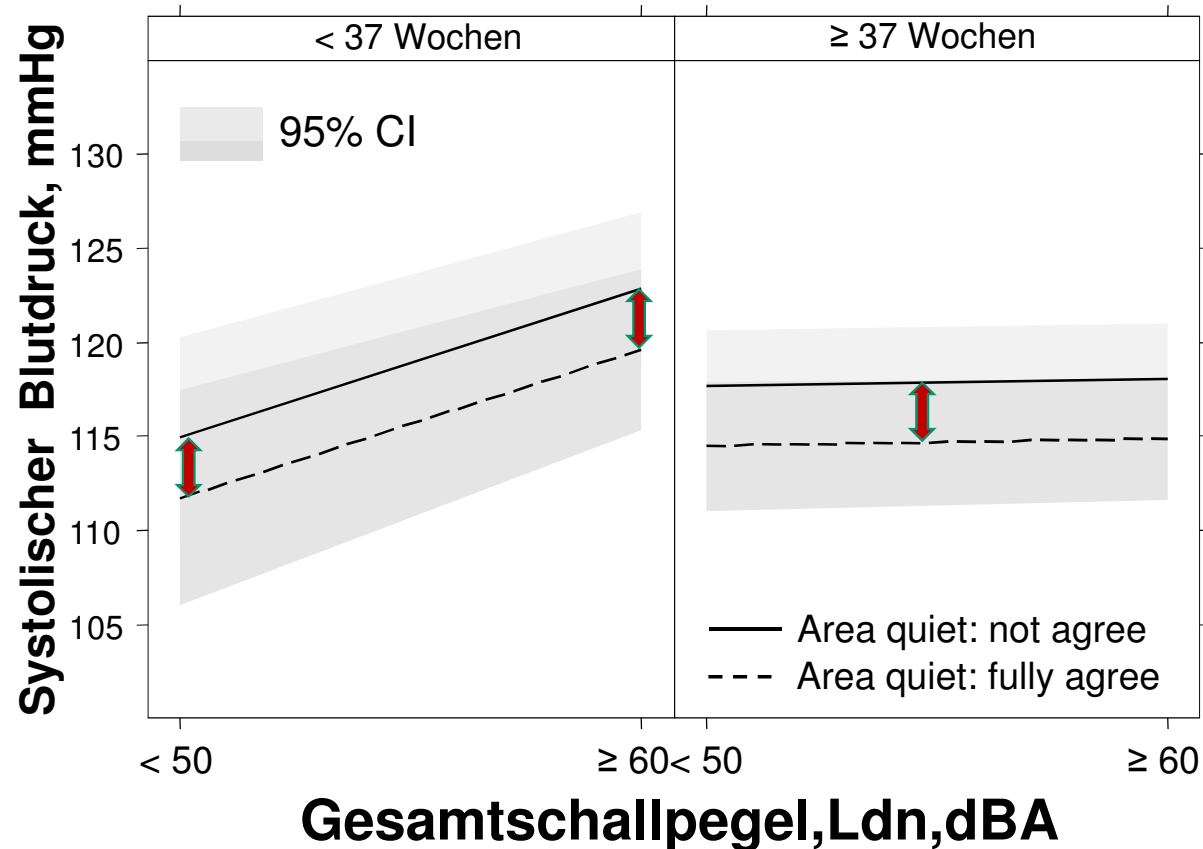


Figure 3. Noise disturbed outdoor activities (%) in relation to courtyard quality and sound levels

# Wirkung der “perceived quietness” auf den Blutdruck von Kindern

Mit Interaktionswirkung zwischen Schallpegel und verkürzter Schwangerschaftsdauer(<37 Wochen)

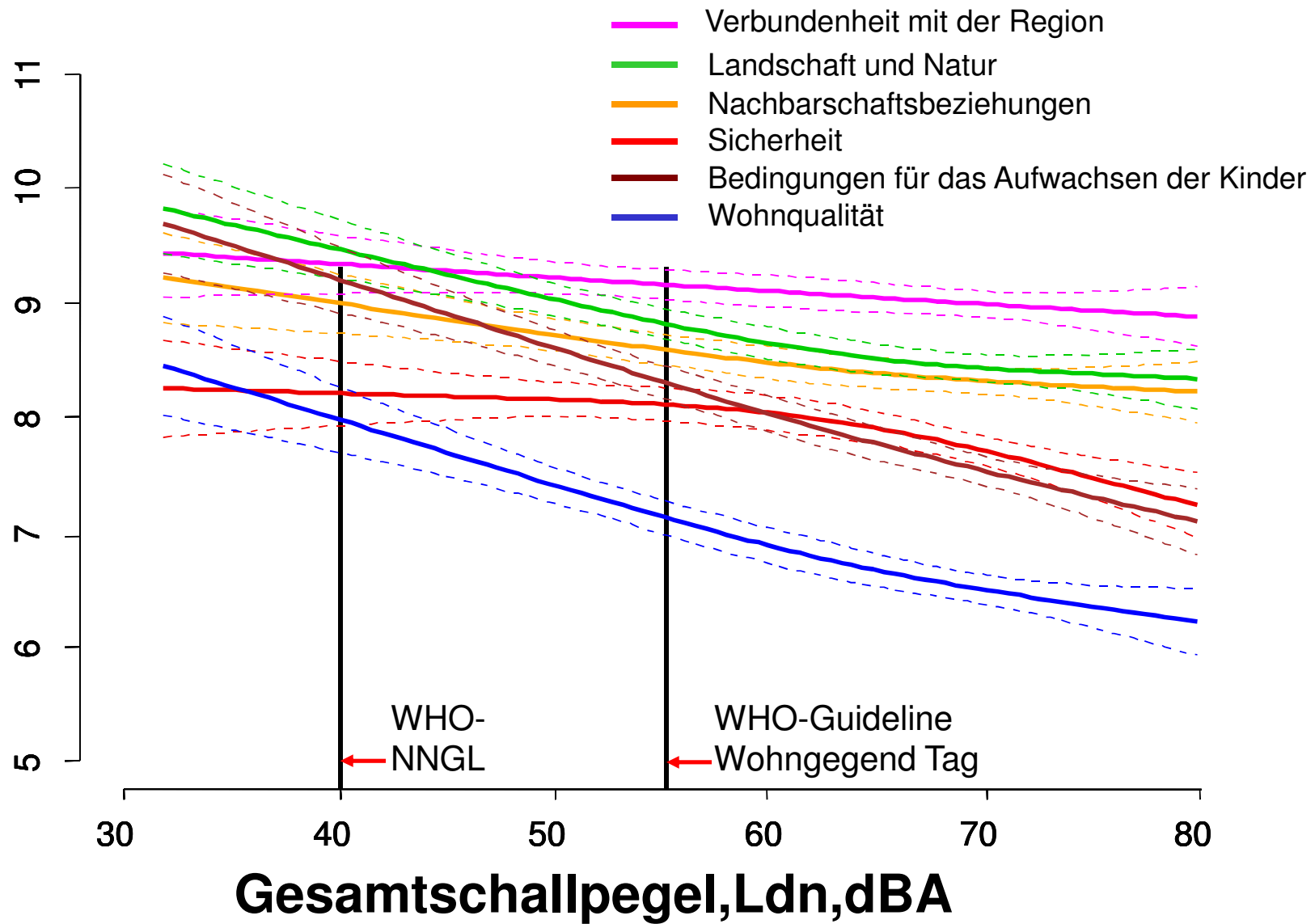


Lercher et al. JASA special soundscape issue 2013

**Abb. 4: Systolisches Blutdruckmodell**, adjustiert für BMI, Sex, Schulbildung (Mutter), Familiäre Disposition, Cortisol-Spiegel, Haustyp, Schall\*SS-Dauer, Schall\*Cortisol

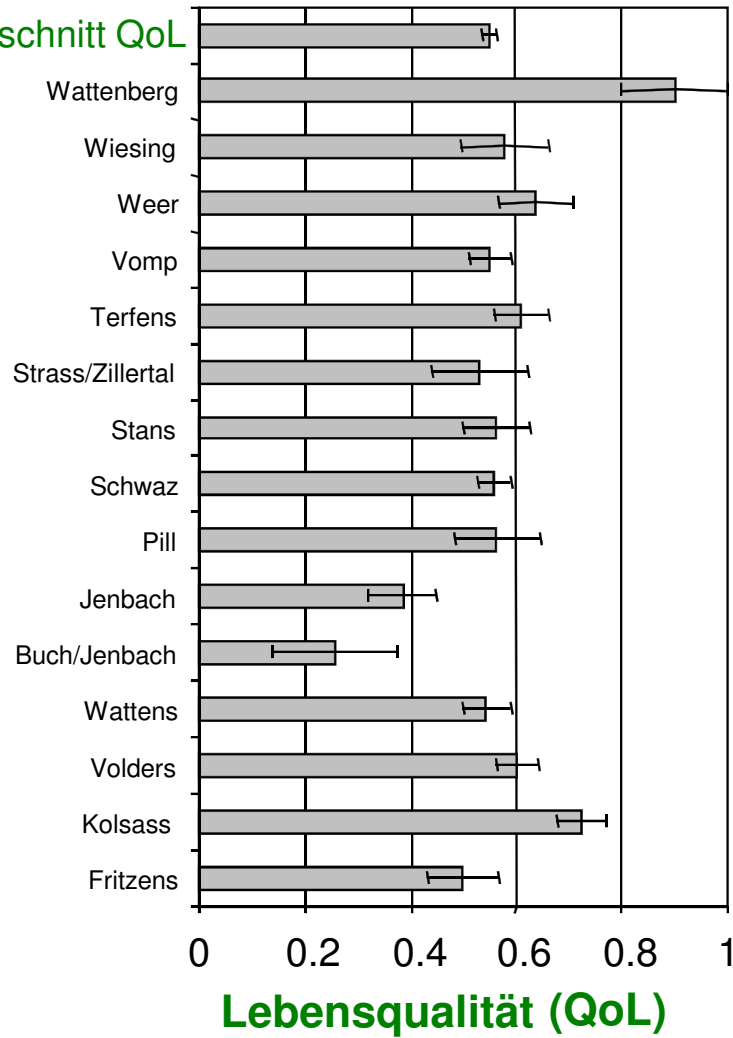
# Lebensqualität

Lebensqualitätsbeurteilungsskala: 1-11

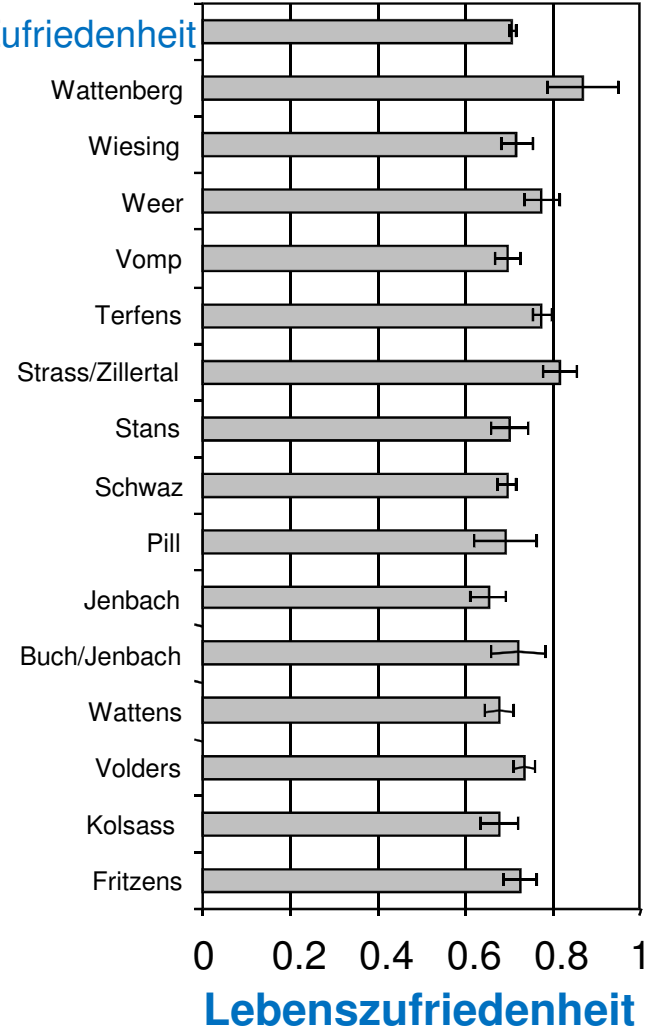


# Lebenszufriedenheit versus Lebensqualität

Durchschnitt QoL



Durchschnitt Zufriedenheit



# Zusammenfassung

- Um akzeptable Prädiktion von Schallschutzmaßnahmen zu erreichen muss die gesamte Kette (Emission -> Immission -> „Rezeptor“) im lokal relevanten geo-physischen und sozio-kulturellen Kontext berücksichtigt werden
- Lärmreduktionsmaßnahmen greifen zu kurz, wenn nur die klassischen Lärmindikatoren zur Evaluierung eingesetzt werden können. Die Qualität und das Design der generierten Soundscape ist stark mitentscheidend.
- Psychoakustische Indikatoren können deshalb in der Planung und Evaluierung eine kritische und entscheidende Hilfe sein
- Die gesundheitsbezogene Lebensqualität des „Rezeptors“ muss parallel als Hauptzielvariable in der Evaluierung zum Einsatz kommen
- Es ist notwendig die Förderung positiver Gesundheitsaspekte (Erholung, erleichterte Kommunikation und Nutzung der Umgebung) in das Gesamtkonzept einer integrierten Immissionsminderung einzubauen

**Danke für  
Ihre Aufmerksamkeit**

