



## 2. Freiburger Schienenlärmkongress

veranstaltet vom Regionalverband Südlicher Oberrhein und dem Universitätsklinikum Freiburg  
Freiburg im Breisgau am 30.04.2010

### Macht Schienenlärm krank?

Studie zur Evaluierung der gesundheitlichen Wirkungen bei Exposition gegenüber  
Schienenlärm  
unter besonderer Berücksichtigung der DB-Trasse Basel-Offenburg  
(und der Haltbarkeit des Schienenbonus)

aus dem

Institut für Umweltmedizin und Krankenhaushygiene  
Department of Environmental Health Sciences

(Ärztlicher Direktor: Univ.-Prof. Dr. med. habil. Volker H. Mersch-Sundermann)  
Universitätsklinikum Freiburg

Univ.-Professor Dr. med. habil **Volker H. Mersch-Sundermann** (Supervisor)

Univ.-Professor Dr. phil. **Stefan Schmidt** (Studienleiter)

Diplom-Psychologin **Christin Adrian**

Diplom-Physiker **Michael Bräuninger**

Cand. med. **Sibylle Grimm** (Medizindoktorandin)

Cand. Psych. **Julian Schöner** (Psychologiediplomand)

## Literaturrecherche

### Elektronische Datenbanken

PsycInfo (inkl.  
CINAHL &  
Academic Search  
Premier) (125)  
Psyndex (86)  
Web of Science (61)  
Medline (30)  
PubMed/PubMed  
Central (42)  
Science Direct (55)

### Diplomarb./ Dissertationen

DINI (0)  
DissOnline  
(144)  
FreiDok (4)  
NDLTD (0)  
BASE (1223)

### Handsuche

Noise & Health  
(5)  
Journal of  
Environmental  
Psychology (3)  
Environment &  
Behavior (3)  
Journal of the  
Acoustical  
Society of  
America ( )

### Kongresse

Inter-noise  
Forum Acusticum  
Int. Workshop on  
Railway Noise  
Int. Congress on  
Sound and Vibration  
Oldenburg  
Symposium on  
psycholog. Acoustics  
Workshop on Railway  
& Tracked Transit  
System Noise  
Int. Congress on  
Noise as a Public  
Health Problem

### Direkter Kontakt zu Autoren

Prof. Dr. M. Spreng  
Prof. Dr. B. Griefahn  
Dr. W. Babisch  
Dr. C. Maschke  
H. Ising  
T. Yano (3)  
P. Lercher (5)  
E. Ohrström (2)  
R. Rylander (2)

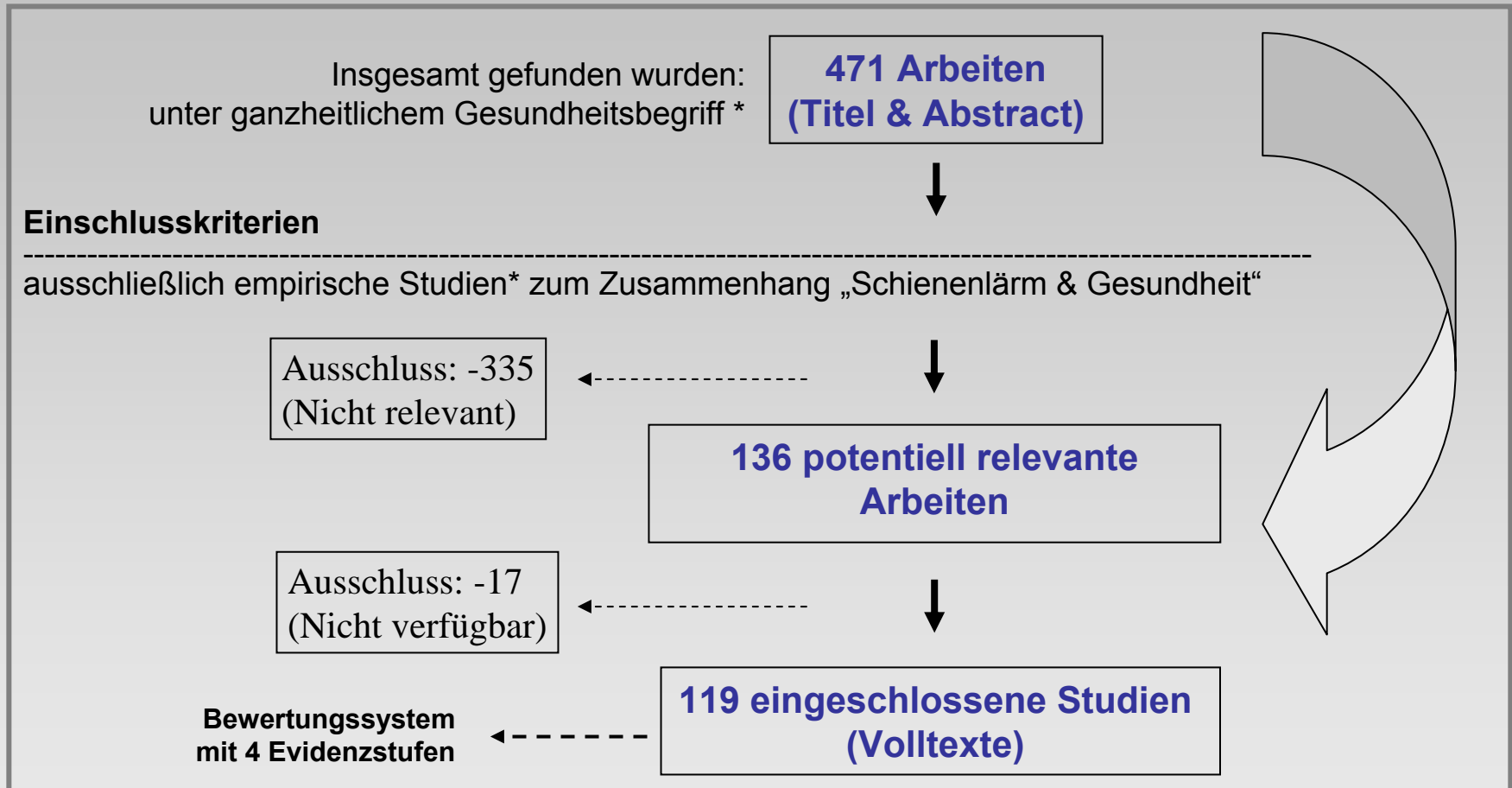
### Sonstige Quellen

Bundesvereini-  
gung gg.  
Schienenlärm  
Umweltbundes-  
amt (UBA)  
Bayrisches  
Landesamt für  
Umwelt (LFU)

**471 Arbeiten (Titel & Abstract)**

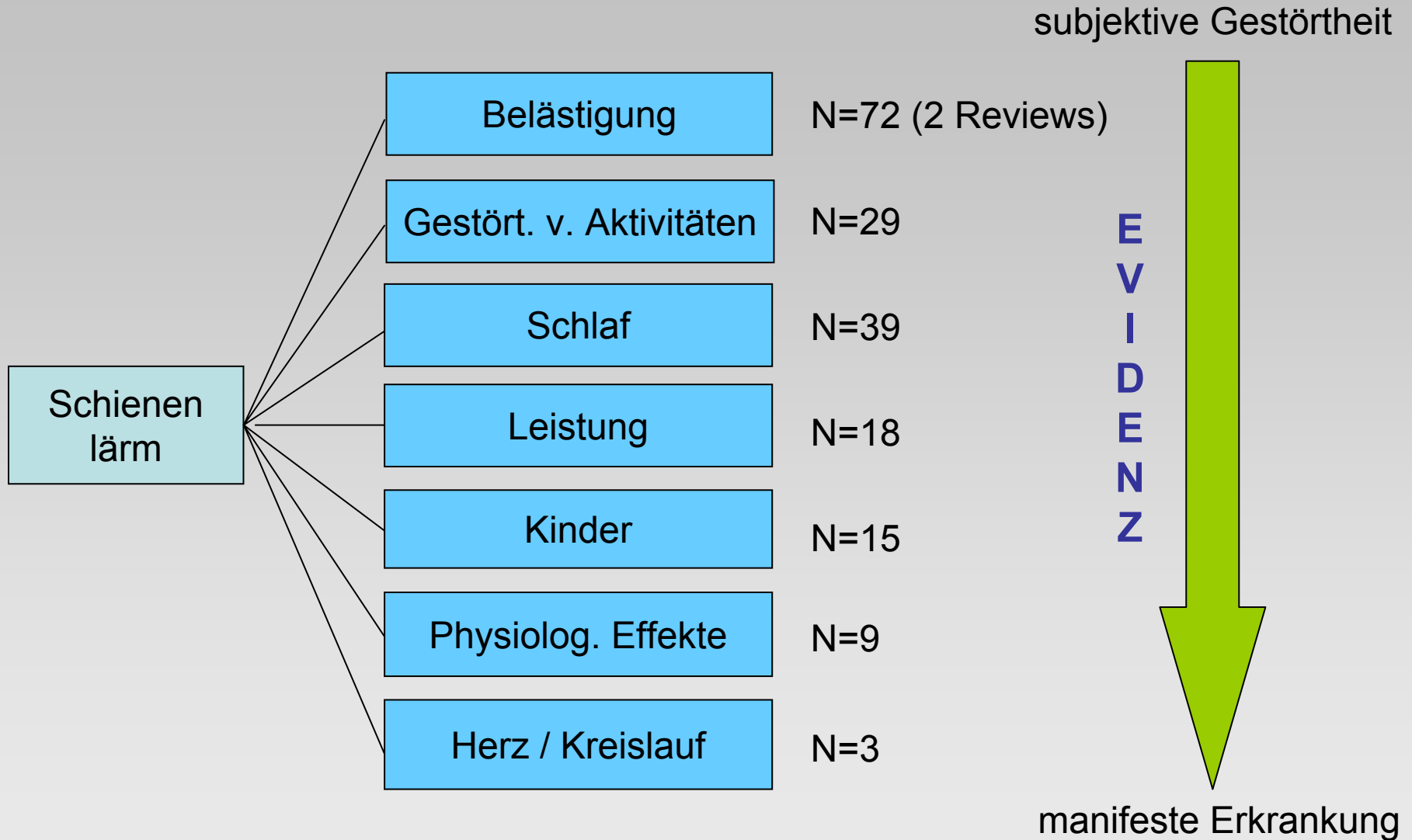


## Literaturrecherche und Auswahl der relevanten Studien



\* **Gesundheit** des Menschen ist ein Zustand des vollständigen körperlichen, geistigen und sozialen Wohlergehens und nicht nur das Fehlen von Krankheit oder Gebrechen (WHO)

\*\* Unter **Empirie** (griechisch: *empireia*): Erfahrung, Erfahrungswissen) wird in der Wissenschaft eine im Labor oder im Feld durchgeführte Sammlung von Informationen verstanden, die auf gezielten Beobachtungen beruhen.

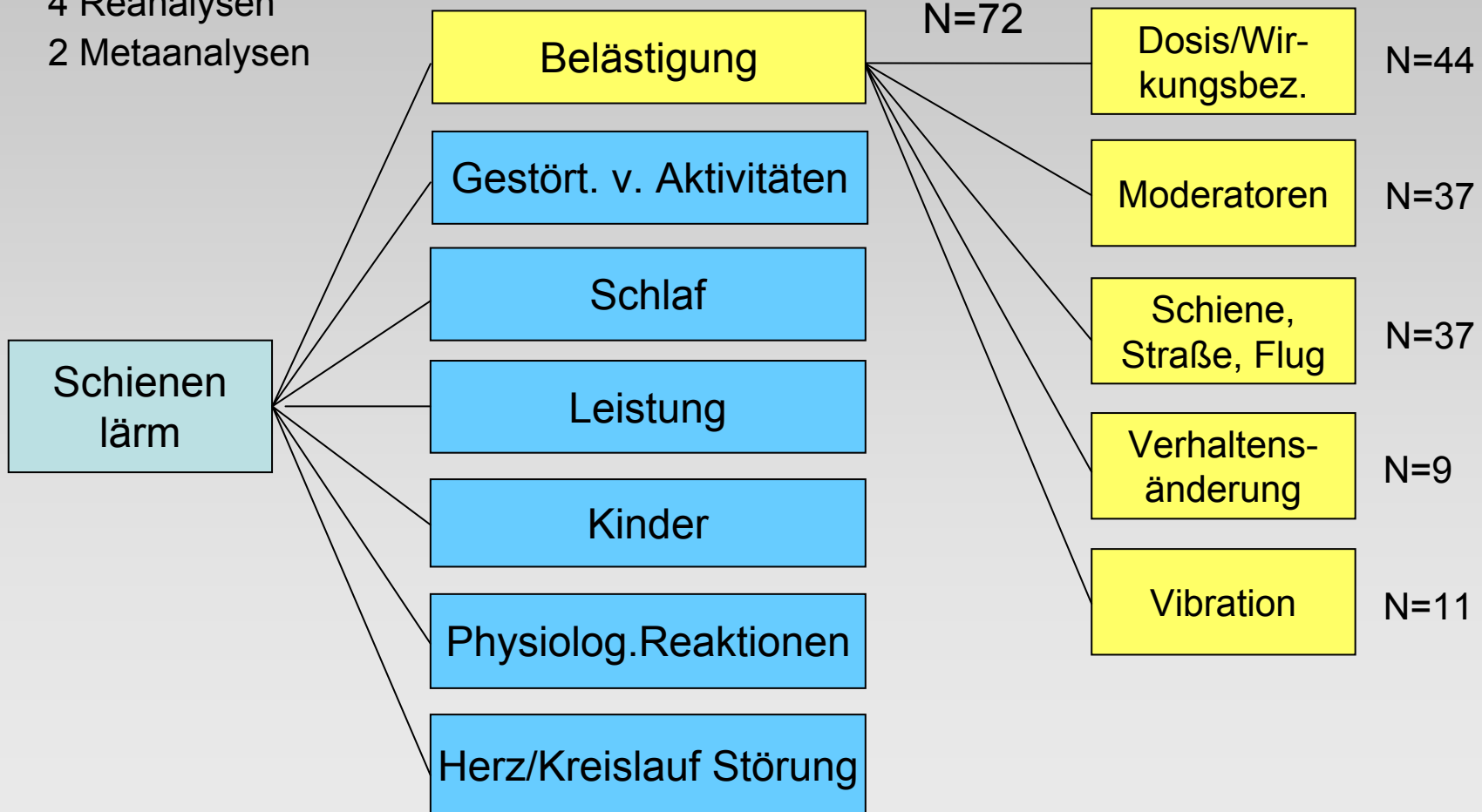


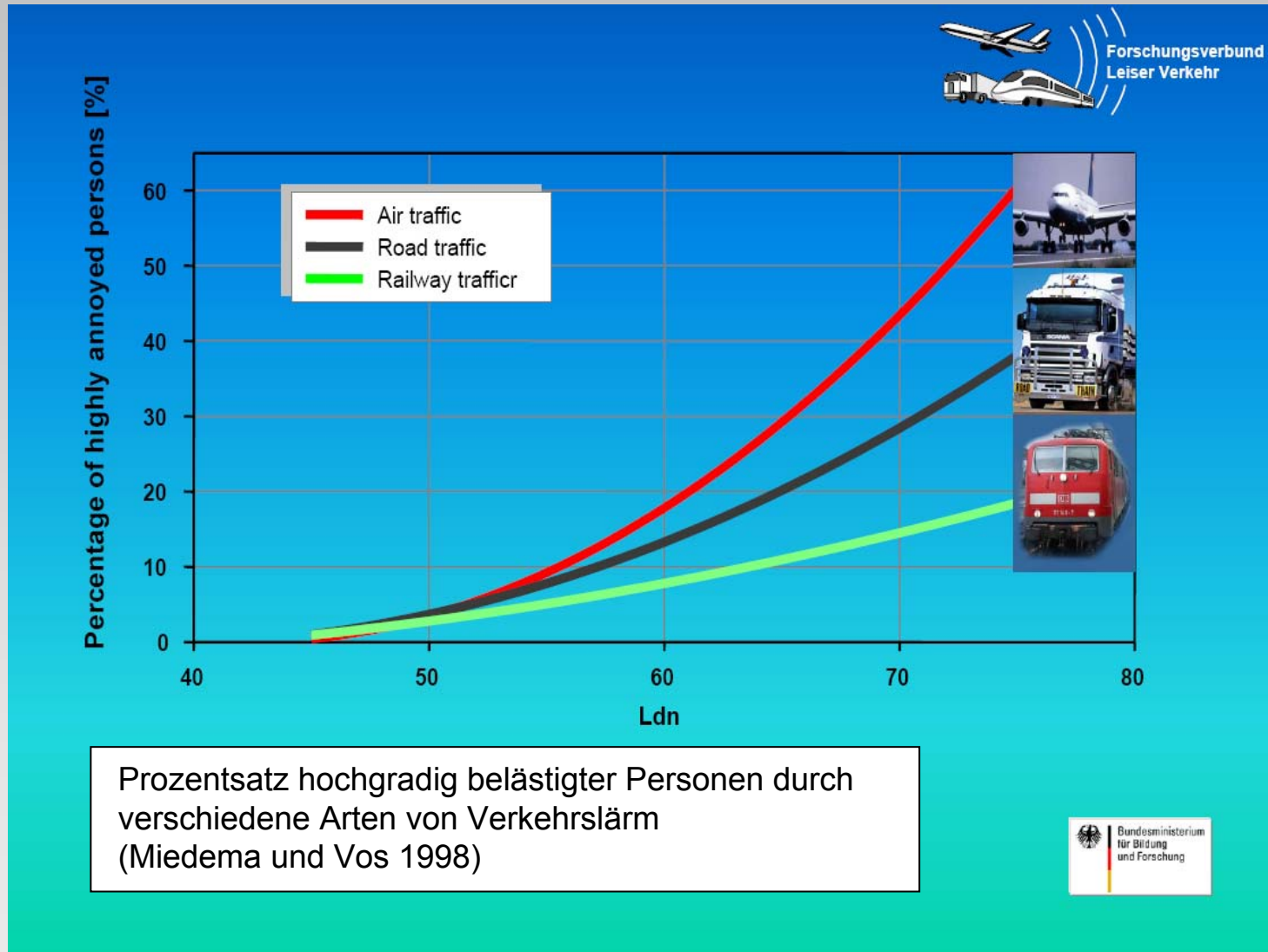
**Evidenz (vom lateinischen *ex* „aus“ und *videre* „sehen“ - das Herausscheinende) bezeichnet das dem Augenschein nach Unbezweifelbare, das durch unmittelbare Anschauung oder Einsicht Erkennbare. Evident ist ein Sachverhalt, der unmittelbar ohne besondere methodische Aneignung klar auf der Hand liegt.**



- 44 Feldstudien
- 20 kontrollierte Laborexperimente
- 2 kombinierte Labor- und Feldstudien
- 4 Reanalysen
- 2 Metaanalysen

Belästigung (Annoyance) N=72





## Moderatoren für die Belästigung durch Lärm

### Demographie

- Alter
- Geschlecht
- Bildung
- Sozioök. Status
- Einkommen
- Region
- Familiengröße
- Wohndauer
- Familienstand
- Hausbesitzer

### Persönliche Faktoren

- Lärmempfindlichkeit
- wahrgenommene Lautheit
- Einstellungen ggü. der Lärmquelle
- Gebrauch d Transportmittels
- Qualität d Wohnumgebung
- Hörschwellen
- Kontrollwahrnehmung
- Angst (Beurteilung der Lärmquelle als gefährlich)

### Akustische Faktoren

- Spitzenpegel
- Dauerschallpegel
- Geschwindigkeit
- Anzahl der Züge
- Expositionsdauer
- Zugart
- Frequenzbereich
- Lärm-Ruhe-Intervalle
- Anstiegszeiten
- Distanz zum Gleis
- isolierte Fenster (j/n)
- Position d Schlafzimmers
- Art des Hauses

### Nicht akustische Faktoren

- Tageszeit
- Jahreszeit
- Beschäftigung
- Umgebungsfaktoren
- meteorologische Umstände
- Hindernisse (Gebäude usw.)

## Belästigung (Annoyance) - Vergleich der Verkehrsarten -

N=37

Vergleich Schiene, Straße & Flug: 3 Tendenzen für Belästigung:

Schielenlärm < Straßen- & Fluglärm (N=14)

Schielenlärm > Straßenlärm (N= 9)

Durchmischte Befunde (N= 9)

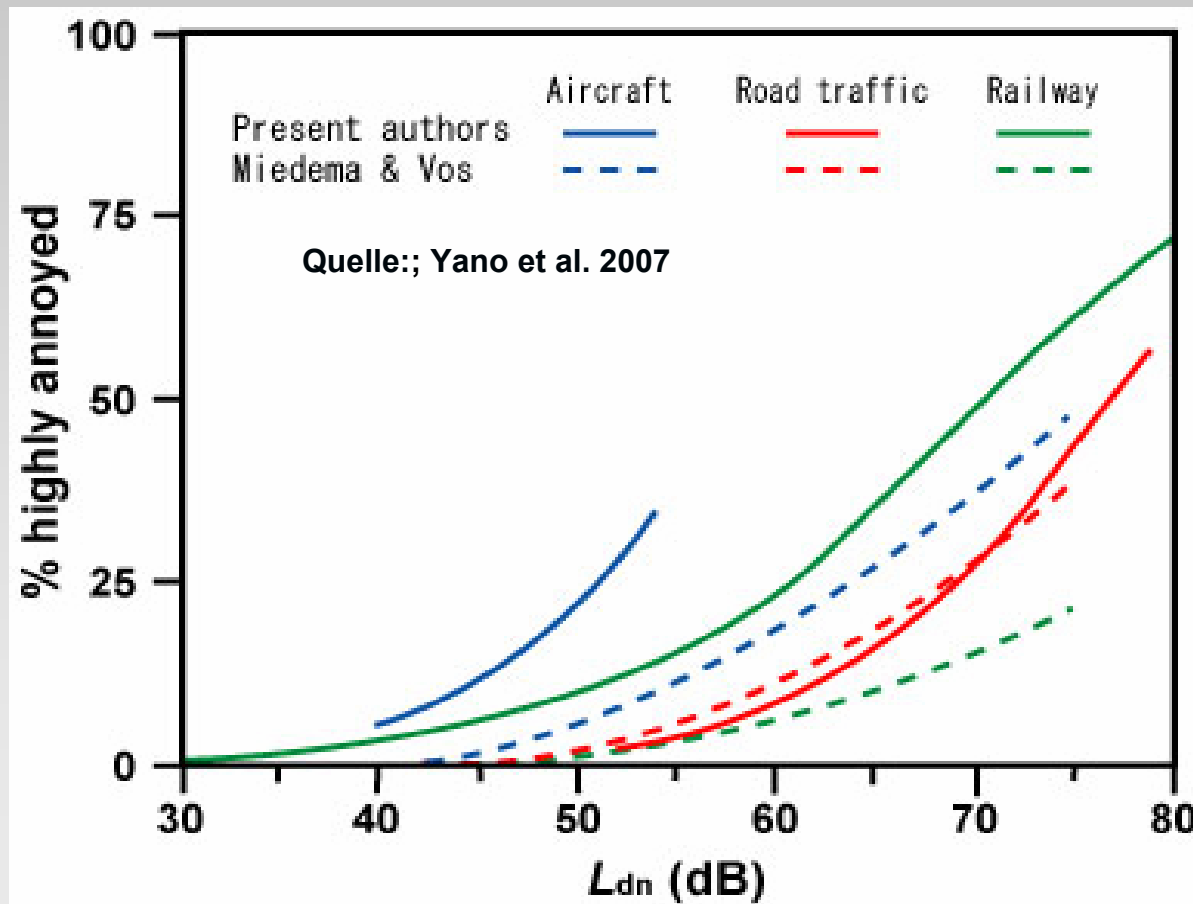
Abhängig vom ...

- untersuchten Störungsbereich (z.B. [Öhrström et al. 2007](#))
- dem Schallpegel
- kombinierten Belastungssituationen ([z.B. Basner et al. 2008](#))
- erfassten Moderatoren

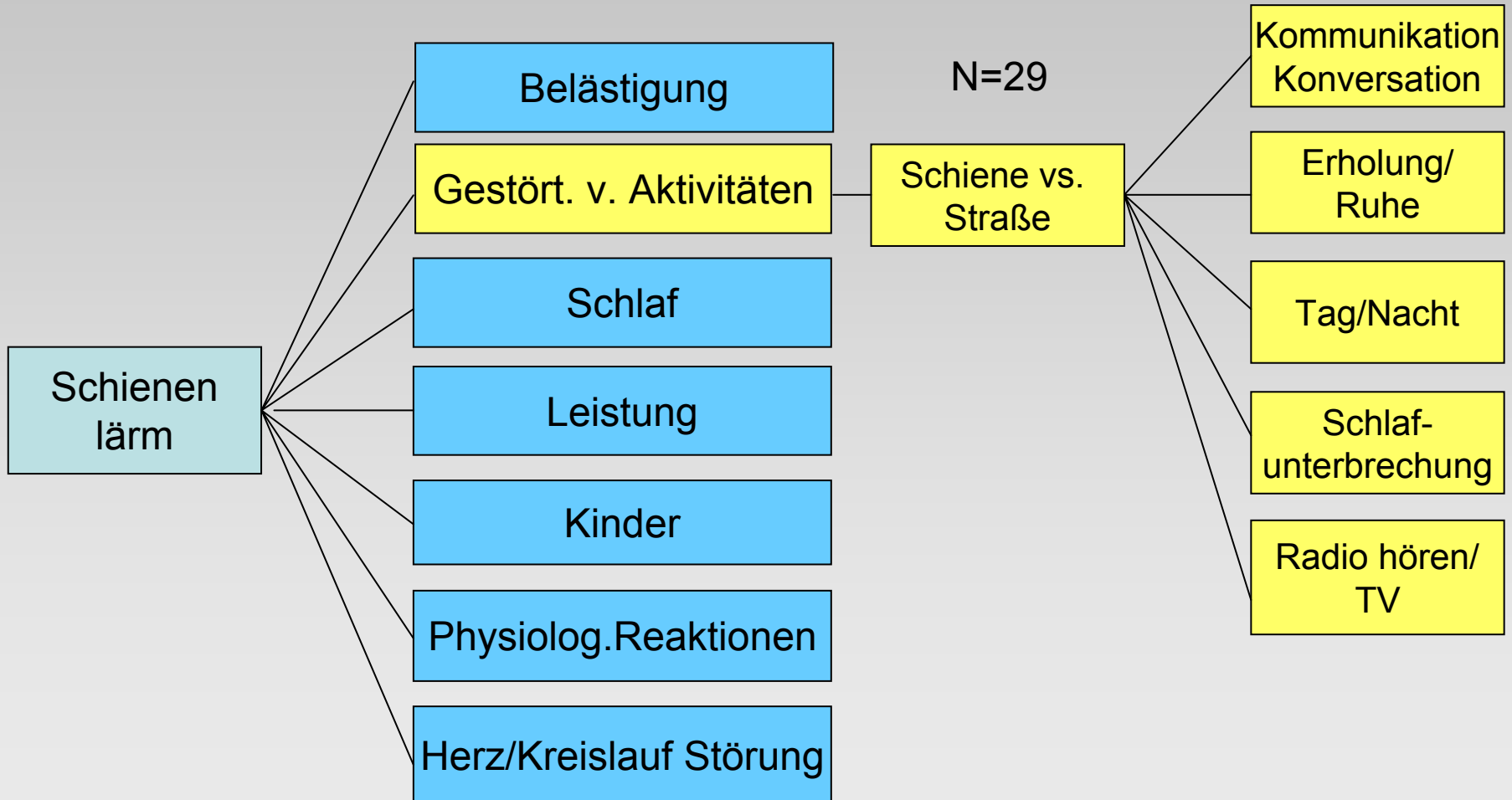
Vergleich verschiedener Zugarten für Belästigung:

- **Güterzüge** > Passagierzüge (z.B. Fields, 79)
- **Hochgeschwindigkeitszüge** (z.B. Shinkansen in Japan/ICE in Deutschland) > konventionelle Züge ([z.B. Ota et al. 2007](#)) (N= 3)
- Kein Unterschied zw. verschiedenen Zugarten (N= 1)

Unter Einbeziehung der **neueren Studien** konnten Yano und Mitarbeiter (2007) zeigen, dass sich die Relationen bei der Bewertung von Lärmbelastigungen seit den 1990er Jahren (z.B. Miedema und Vos, 1998) verändert haben!



## Gestörtheit von Aktivitäten (N=29)



## Gestörtheit von Aktivitäten: Vergleich Straße vs. Schiene

- **Schienenbonus** (N=4) für
  - Allg. Störung der Ruhe und Erholung
  - Allg. Störung Tag und Nachts
  - Subjektiv berichtete Schlafstörungen
- **Schienenmalus** (N=13) für
  - Störung der Kommunikation (Konversation, Radio hören/TV, telefonieren)
  - Störung der Ruhe und Kommunikation im Außenbereich

## Gestörtheit nimmt zu...

- mit steigenden Lärmpegeln
- bei offenen Fenstern
- im Sommer und am  
    Wochenende
- morgens und abends  
    verglichen zur Mitte des  
    Tages

Quelle: Öhrström et al. 2005

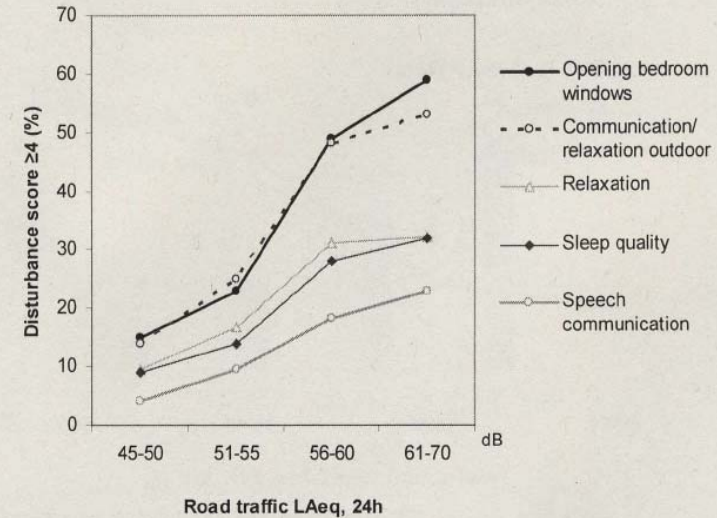


Figure 5: Road traffic noise interference (% with a score  $\geq 4$ ) in relation to noise levels from road traffic.

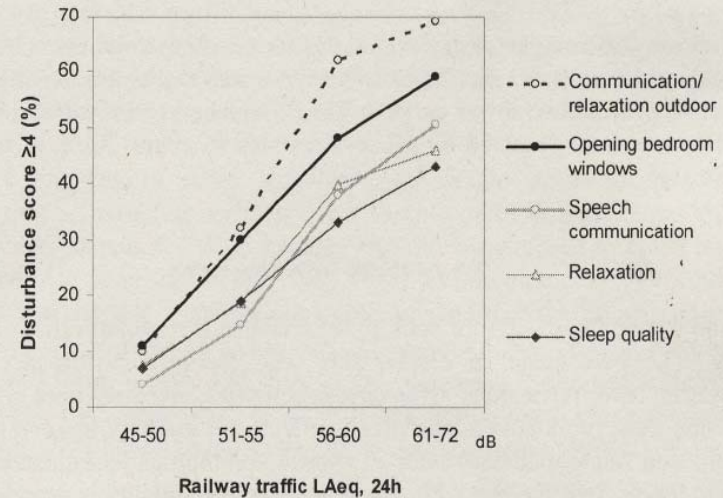


Figure 6: Railway noise interference (% with a score  $\geq 4$ ) in relation to noise levels from railway traffic.

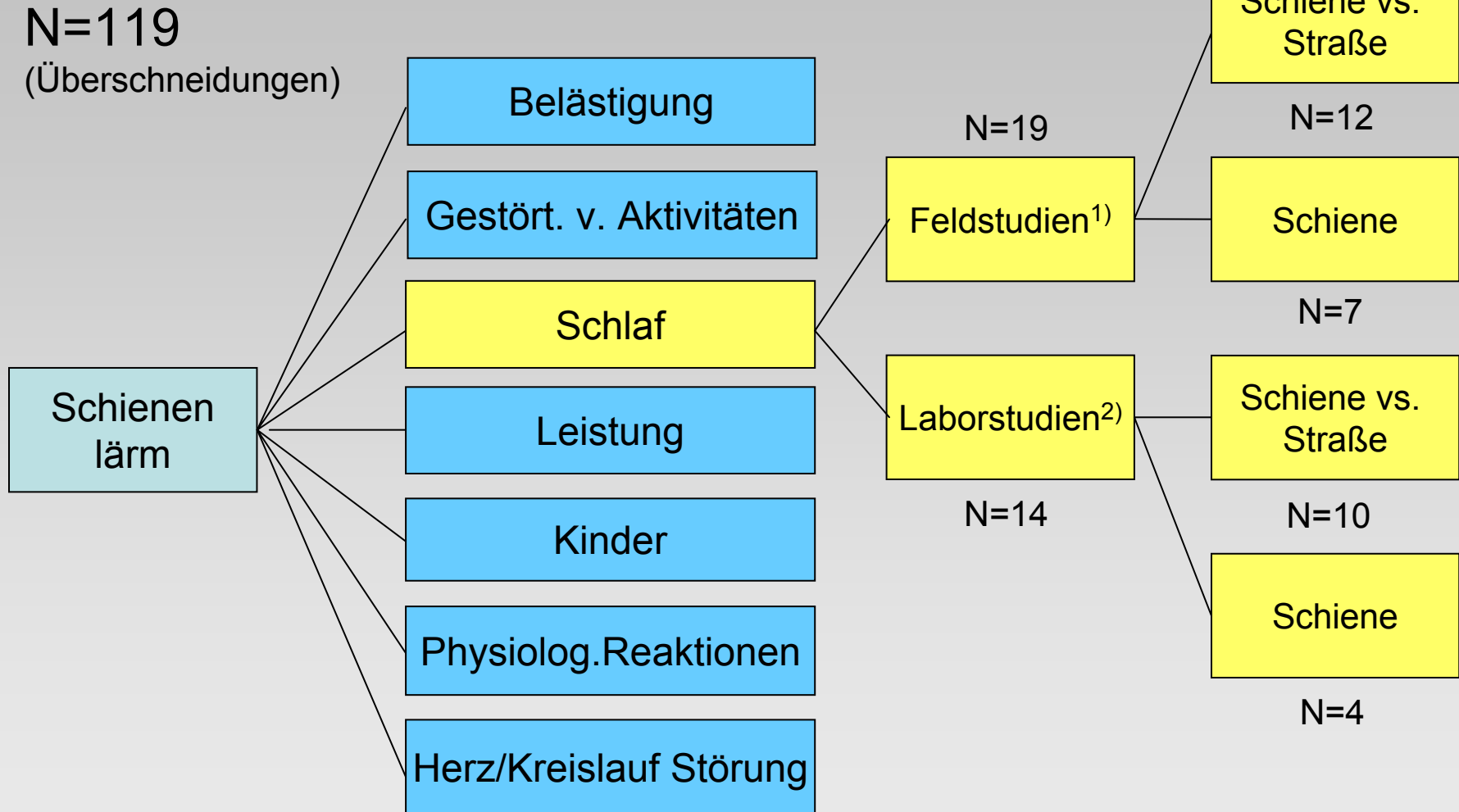
## - Take Home Messages -

### Belästigung (Annoyance) und Gestörtheit von Aktivitäten:

- Positiver Zusammenhang zw. **Schallpegel und Lärmbelästigung**
- **Moderatoren** (vor allem auch nicht-akustische) sind relevant!
- Verkehrsartenvergleich
  - Heterogene Befunde
  - **Neuer Studien zeigen Schiene > Straße**
- Belästigung führt zu diversen **Verhaltensänderungen** (z.B. Fenster schließen, Wechsel der Zimmer, ggf. Umzug)
- **Lärm & Vibration** interagieren bezüglich der Belästigungsreaktion
- Schienenlärm stört vor allem die **Kommunikation innen & außen**



**Beeinflussung des Schlafs (N=33)**



1) Subj.: Fragebögen (Schlafprobleme, Einschlafprobleme, nächtl. Erwachen); obj.: Aktimeter

2) Subj.: Fragebögen (Müdigkeit, Schlafqualität); obj.: Polysomnographie (EEG, EOG, EMG, Aufwachreaktion)

## Feldstudienresultate

### - Subjektive Schlafbeschwerden und Aktimeterstudien -

#### Vergleich Schiene/Straße (subjektive Schlafbeschwerden; N=7)

- 5 Studien: Schienenbonus 12,9 – 13,6 dB(A); (Cave: retrospektive Erhebungen!!)
- 2 Studien davon finden keinen Unterschied bei morgendlicher Befragung
- 1 Studie: 50dB-Crossover, d.h. ab 50 dB ist die Schiene störender als die Straße
- 1 Studie: Schienenmalus (keine Wertangabe)

#### Vergleich Schiene/Straße (Aktimeter; N=3)

- 2 Studien: kein Unterschied
- 1 Studie: ab  $L_{eq} = 50$  dB(A) vermehrtes Aufwachen bei Schienenlärm

#### Schiene (subjektive Schlafbeschwerden; N=3)

- Einheitliche Tendenz: Schienenlärm verursacht Schlafbeschwerden
- Korrelation zwischen Lärmpegeln & Schlafbeschwerden meist gering



⇒ **Heterogenes Bild der Resultate**

**$L_{eq}$**  steht für „Long-Term Equivalent continuous sound level“ (Langzeit äquivalenter durchschnittlicher Lautstärkepegel). Dieser Messwert gibt den durchschnittlichen Lautstärkepegel wieder.

## Laborstudien

- subjektive Schlafbeschwerden (N=10) -

Bei allen 10 Studien war die Schlafqualität durch Schienenlärm verringert

Vergleich Schiene/Straße (**einheitlich reduzierte Schlafqualität**; N=7)

4 Studien: Schlafqualität ↓, unabhängig von der Lärmquelle

1 Studie: Schlafqualität ↓ : **Flug > Schiene > Straße**

1 Studie: Schlafqualität ↓ : **Schiene > Flug > Straße**

1 Studie: keine Angaben zur Lärmquelle

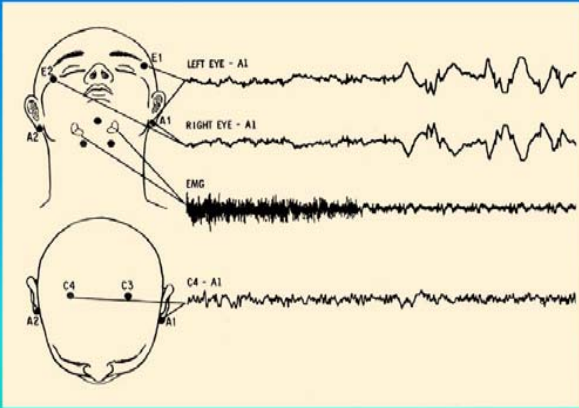
Vergleich Schiene/Straße (**einheitlich gesteigerte Müdigkeit**; N=4)

Die Ergebnisse der Studien sind unabhängig von der Lärmquelle

Es wurden keine Dosis-Wirkungsbeziehungen angegeben

Bei 2 Studien, die sich nur mit Schienenlärm beschäftigt haben, war ebenfalls die **Müdigkeit** gesteigert

## Polysomnogram



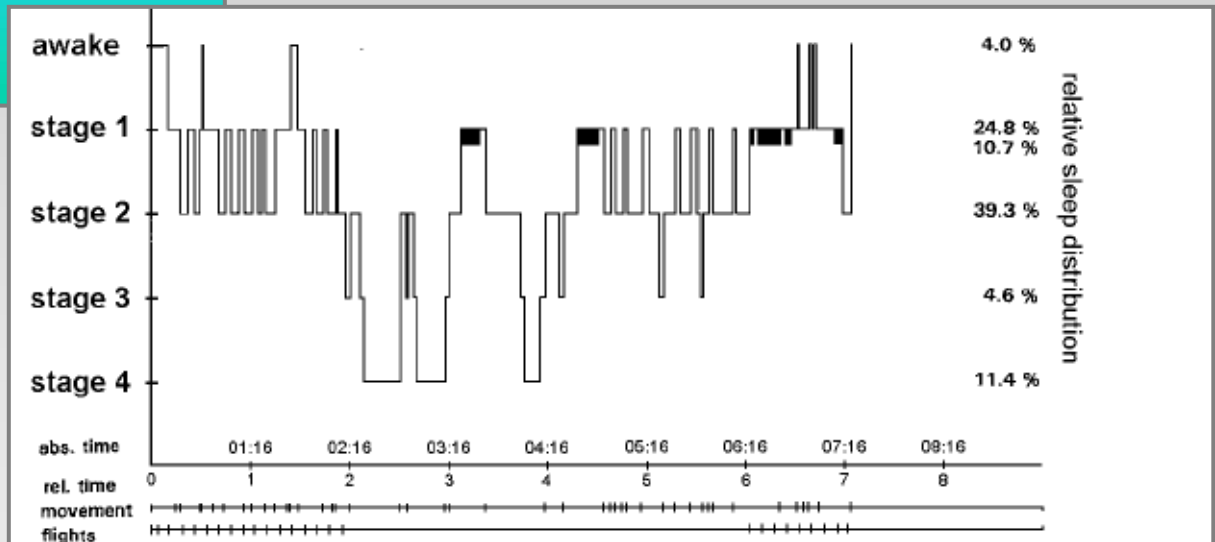
**EOG**  
 (Electrooculogram)

**EMG**  
 (Electromyogram)

**EEG**  
 (Electroencephalogram)

## Laborstudien

Erhebung objektiver Parameter:  
 Schlaftiefe  
 Augenbewegungen (REM)  
 Aufwachreaktionen



Typisches Schlafzyklogramm bei nächtlichem, intermittierendem Lärm. Der Proband schlief bei 26 von 32 elektroakustisch simulierten Überflügen im Schlaflabor des Instituts für Technische Akustik (Technische Universität Berlin).



## Laborstudien

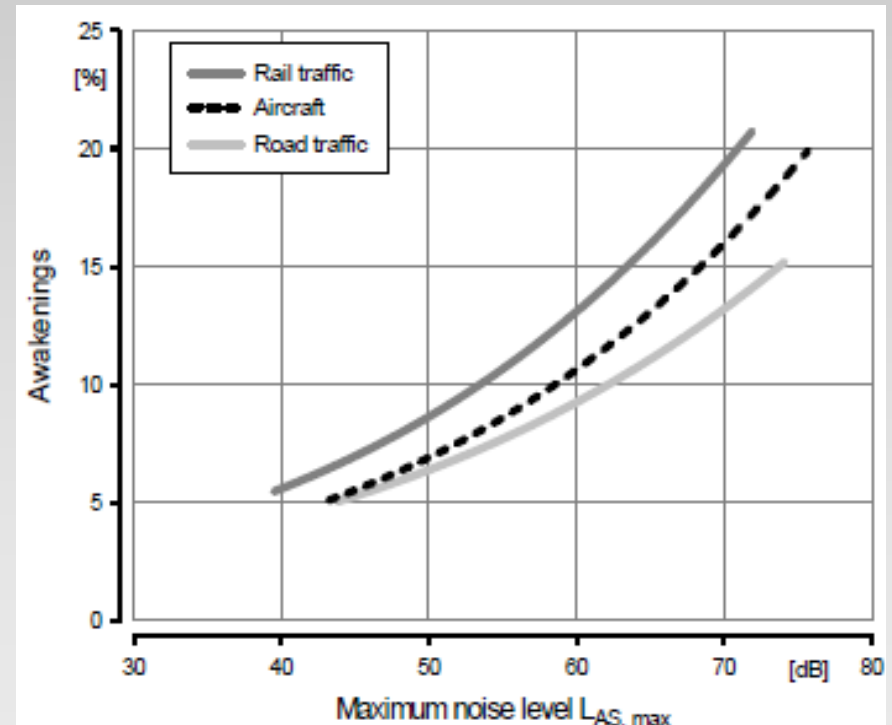
-Tiefschlaf- und REM-Schlafdauer, Aufwachreaktionen -

### Vergleich Schiene/Straße (Tiefschlaf- und REM-Phasen; N=7)

- 2 Studien: Schiene > Flug > Straße
- 1 Studie: Schiene > Straße > Flug
- 1 Studie: Schiene > Straße & Flug
- 3 Studien: k.A. zur Lärmquelle

### Vergleich Schiene/Straße (Aufwachreaktionen einheitlich ↑ ; N=6)

- 2 Studien: Schiene > Flug > Straße
- 1 Studie: Schiene > Straße & Flug
- 1 Studie: Schiene & Straße > Flug
- 1 Studie: Schiene > Straße
- 1 Studie: k.A. zur Lärmquelle



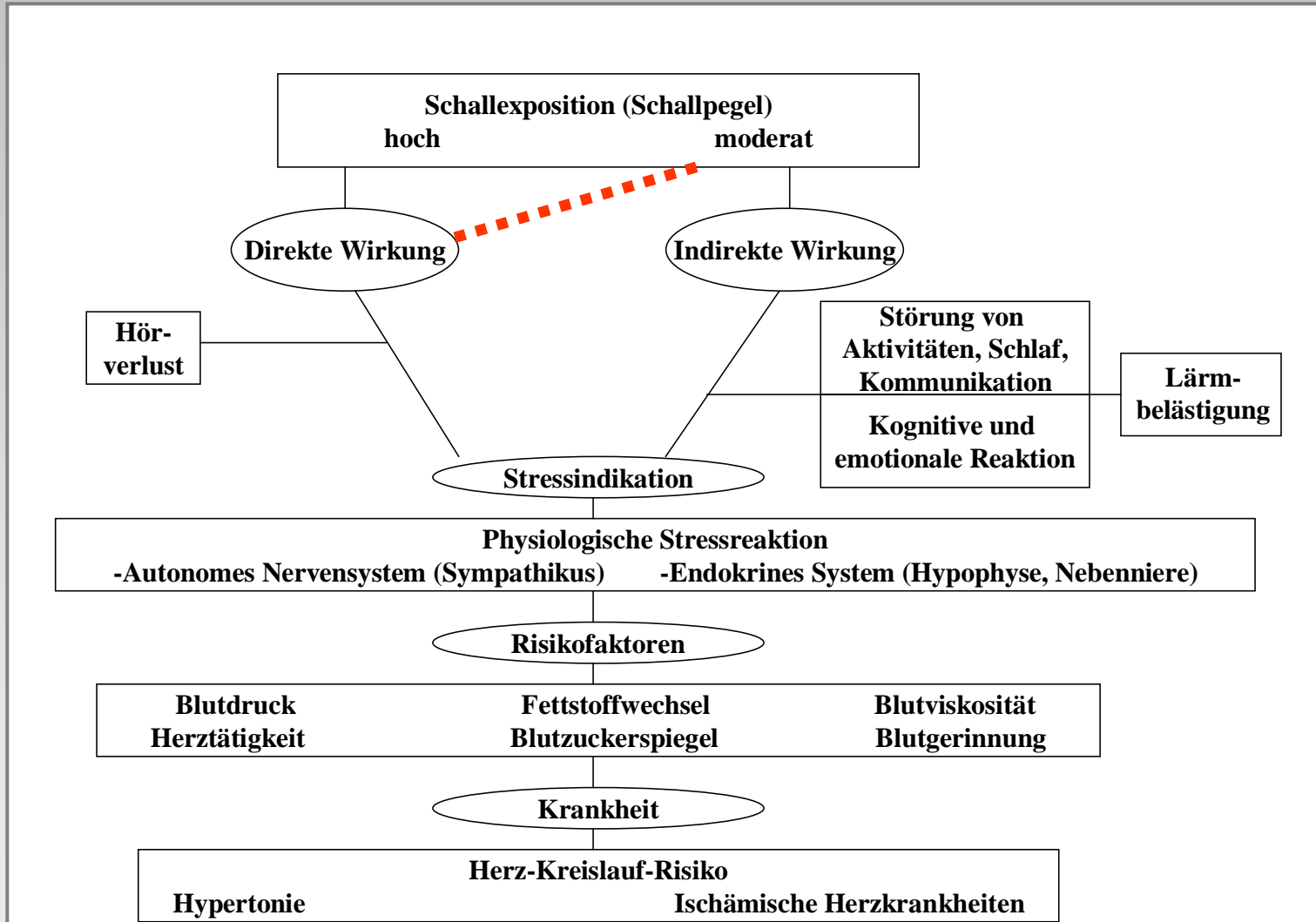
Quelle: Griefahn und Marks 2006

## Take Home Messages

### Schlafstörungen

- Beeinträchtigung des Schlafs durch Schienenlärm
  - Subjektive Schlafqualität ↓
  - Aufwachreaktionen ↑
  - Tiefschlaf- & REM-Schlafdauer ↓
  
- Vergleich Schiene - Straße
  - Subjektive Parameter: Schienenbonus (bei retrospektiver Befragung!)
  - Objektive Parameter: Schienenmalus oder kein Unterschied
  
- Qualitativ gute Laborstudien!
- Laborstudien mit objektiven Parametern zeigen Schienenmalus!
- Ergebnisse der Feldstudien sind lückenhaft (oder nicht belastbar)
- Labor- & Feldstudien widersprechen sich

## Physiologische Reaktionen



nach Babisch 2000

## Physiologische Reaktionen

- Erhöhung der Sympathikus-Aktivität -

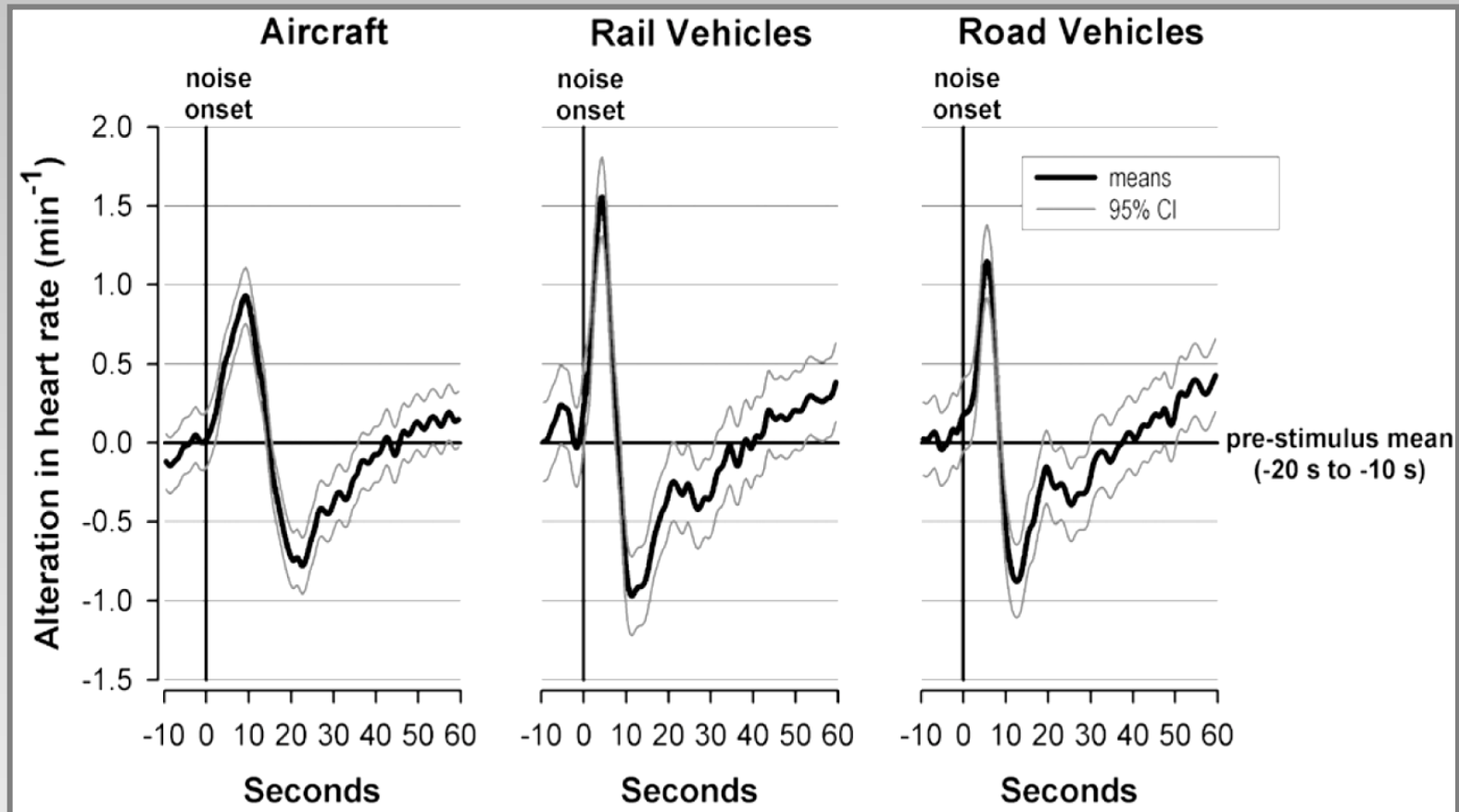
Ergebnisse aus 7 Laborstudien und 2 Feldstudien zum Schienenlärm

Untersuchte Variablen:

Kopfschmerzen ↑	(N=1)
Ruhepuls ↑	(N=1)
Blutdruck ↑	(N=1)
Katecholamin-Konzentration im Urin ↔	(N=2)
Cortisol-Konzentration im Urin ↑↓	(N=2)
Fingerpuls-Amplitude ↑	(N=2)
<b>Herzrate</b> ↑	(N=4)
Hautwiderstand ↑ ↑	(N=2)

Insgesamt zeigt sich – trotz der Heterogenität des Datenpools - ein  
erkennbarer Trend zu sympathikotonen Reaktionen!  
Eindeutige Aussagen sind auf der gegenwärtigen Datenbasis jedoch nicht möglich

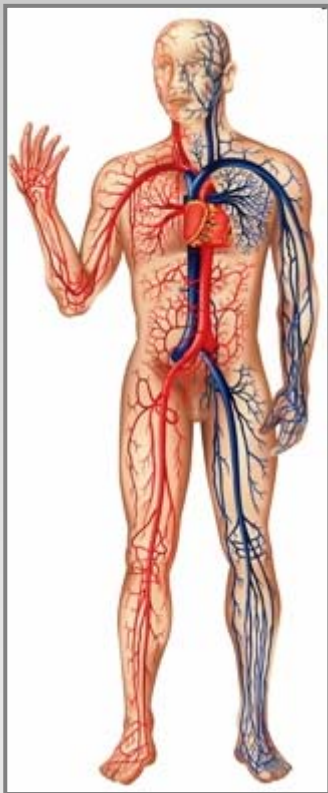
## Physiologische Reaktionen (Herzfrequenz)



Mittelwert und Konfidenzintervall (95 %) für die Herzfrequenz nach Verkehrslärm  
**ohne** Erwachen (Griefahn u. a. 2008)

## Physiologische Reaktionen

(Kardiovaskuläres Risiko: Hypertension und ischämische Erkrankungen)  
vgl. Babisch 2006 (N=61 Studien zu „*Transportation noise and cardiovascular disease*“)



Bluthochdruck  
Herzinfarkt  
Schlaganfall

Ergebnisse:

Hypertension (Straße): RR 1,5-3,0 bei hohen Lärmpegeln

Hypertension (Fluglärm): RR 1,4-2,1 mit  $L_{\text{day}}$  60-70 dB (A)

Ischämische Herzerkrankung: RR 1,1-1,5 bei > 60 dB (A)

2,9% der Herzinfarkte in D auf Straßenverkehrslärm zurückzuführen\*

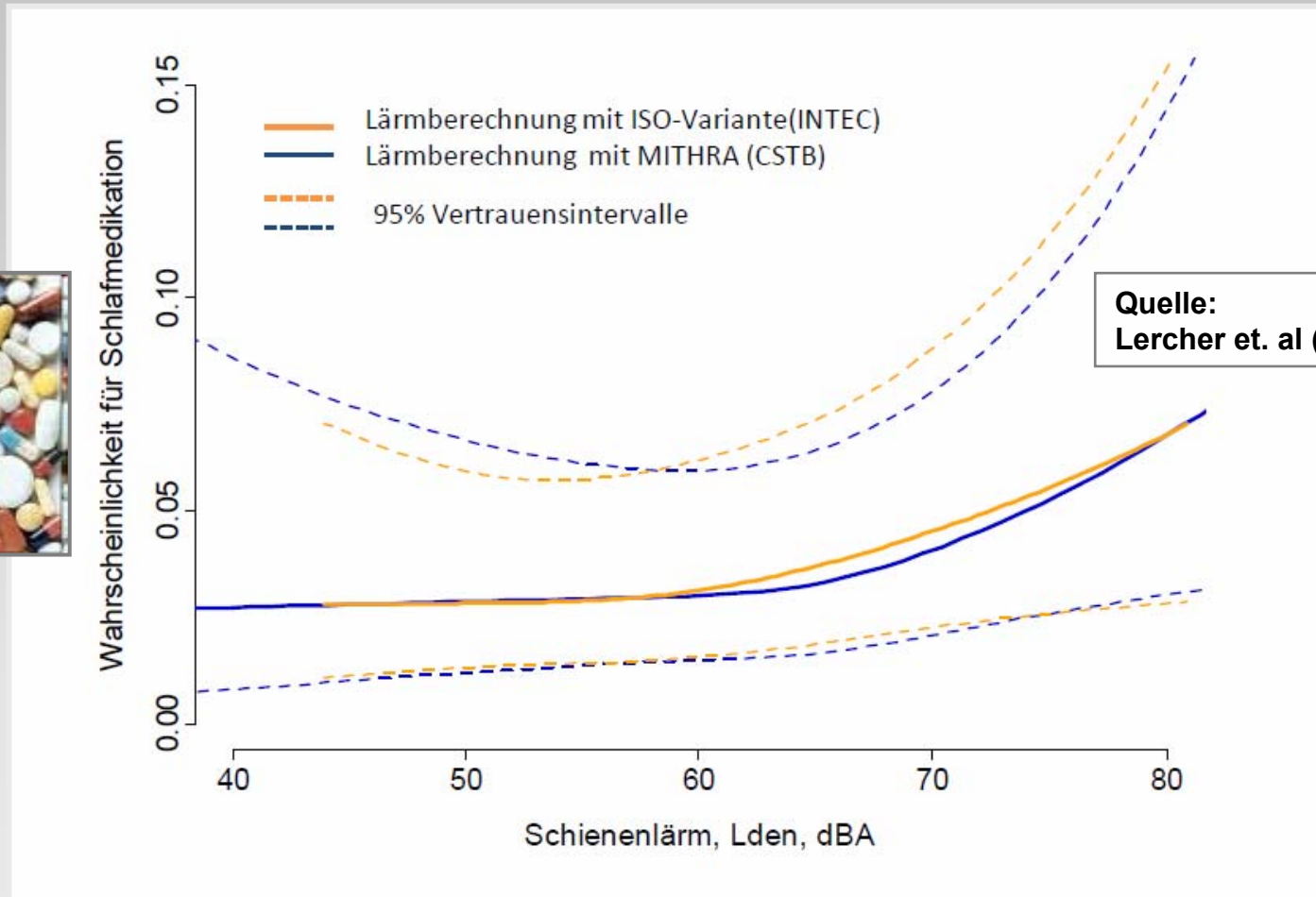
Kardiovaskuläres Risiko bei Schienenlärm  
Analogieschluss zum Flug- oder Straßenverkehr

???

\* Die Inzidenz beträgt in Österreich/Deutschland etwa 300 Infarkte jährlich pro 100.000 Einwohner



# „Inntalstudie“ ab 60 dB(A) steigt Schlafmittelkonsum



zwischen 60-70 db(A) ⇒ Schlafmittelkonsum: 46% ↑

## Schienenlärmbonus Wo kommt er her? -- Was hält ihn aufrecht?

- 1990 rechtlich eingeführt, basiert auf einer **Feldstudie** des Planungsbüros Obermaier, München, 1977 und 1983, *die öffentlich nicht zugänglich war!*
- Die zugrunde liegende Feldstudie basiert fast ausschließlich auf subjektiven Größen zur **Belästigung**
- Primär eine politische Entscheidung, die auf damaligen **Erkenntnissen zur Belästigung** basierte: ⇨ Belästigung: **Straße >> Schiene**
- Datenanalysen bis **1993** von **Miedema and Vos 1998** kommen zu vergleichbaren Ergebnissen wie die Feldstudien von Obermaier (1977/1983).

Im Koalitionsvertrag für die 17. Legislaturperiode der Bundesrepublik Deutschland ist die Absicht vereinbart, den Schienenbonus schrittweise zu reduzieren mit dem Ziel, ihn ganz abzuschaffen.

## Schienenlärmbonus - Pros und Cons -

- **Neuere Studien** kommen zu anderen Erkenntnissen bzgl. der Bewertung des Parameters **Belästigung** (Yano et al. 2007): **Schiene > Straße**
- (Objektive) **Ergebnisse der Schlafforschung** zeigen ein konträres Bild  
⇒ REM- und Tiefschlaf ↓ und Aufwachen ↑ mit **Schiene > Straße**,  
Sympathikotone Effekte (Herzfrequenz ↑) selbst ohne Erwachen.
- Die **Charakteristik des Schienenlärms** hat sich geändert (Hochgeschwindigkeitszüge)  
⇒ Belästigung: **Schiene > Straße** (?)
- Cave: **Psychosoziale Aspekte** (subjektive Bewertung von Schienenverkehr)
- Schienenlärm hat (tendenziell) Einfluss auf **physiologische Parameter**  
(Ruhepuls ↑, Blutdruck ↑, Fingerpulsamplitude ↑, Hautwiderstand ↑, Herzfrequenz ↑)



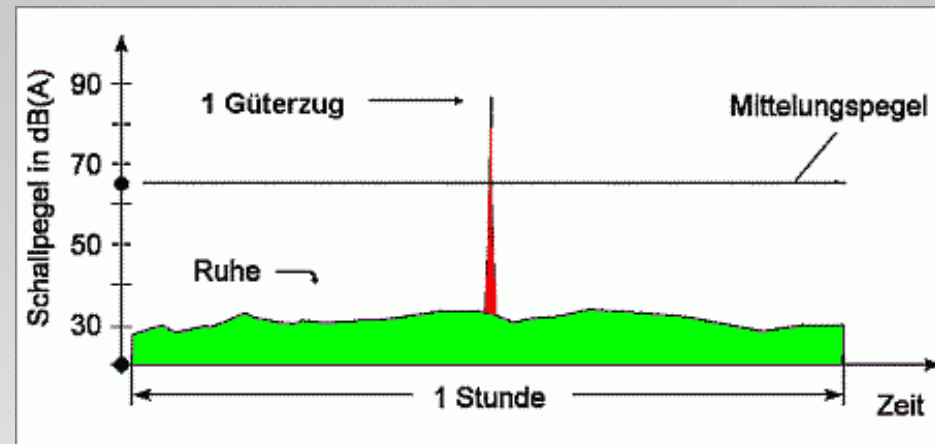
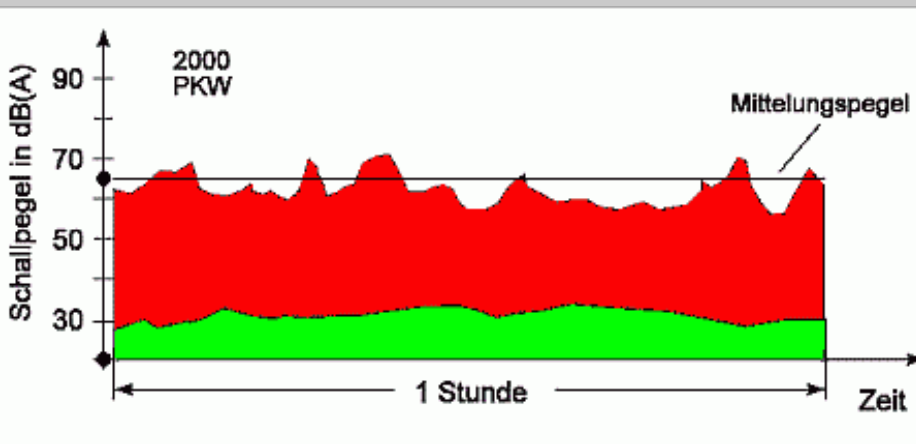
## Schienenlärmbonus - Pros und Cons -

- Der Schienenbonus basiert auf Mittelungspegeln; **berücksichtigt weder Spitzenpegel, Vorbeifahrdauer, noch Anstiegssteilheit, oder Verteilung der Ereignisse im Zeitintervall**
- Gerade diese Parameter bestimmen die Wahrscheinlichkeit von Aufwachreaktion und physiologischer Erregung
- **Dauerhafter fragmentierter Schlaf stellt Gesundheitsrisiko dar.**

**db(A):** Messgröße des Schalldruckpegels zur Bestimmung von Geräuschpegeln. Die dB-Skala ist logarithmisch aufgebaut, d.h. eine Verdoppelung der Lärmquellen führt zu einer Erhöhung um 3 dB. Das menschliche Ohr empfindet eine Erhöhung um 6 dB als Verdoppelung der Lautstärke, wenn sich der Schalldruck vervierfacht hat. Der Zusatz (A) gibt an, dass die unterschiedlichen Tonfrequenzen je nach dem menschlichen Empfinden unterschiedlich bewertet werden, d.h. die mittleren Frequenzen werden stärker berücksichtigt. Ein gesundes Ohr kann bereits einen Schalldruck von 0 dB (A) wahrnehmen (Hörschwelle), bei Werten über 120 dB (A) wird die Geräuschbelastung unerträglich laut (Schmerzgrenze). Eine Langzeiteinwirkung von über 85 dB(A) führt zu Gehörschäden.

## Mittelungspegels – Was heißt das?

- 1) **Identischer** stundenbezogener Mittelungspegel von 65 dB(A)  
bei 2000 PKW mit kontinuierlichem Verkehrsstrom vs. 1 Güterzug mit 90 dB(A) Spitzenpegel



- 2) Szenario: 8 unterschiedlich laute Güterzüge fahren in der Nacht  
(22.00 – 6.00, Spitzenpegel 81-92dB)
  - Fall 1: alle zwischen 22:00 und 23:00 Uhr → **7h Stunden Ruhe!**
  - Fall 2: jede Stunde ein Zug → **Regelmäßige Erregungs- oder Aufwachreaktion die ganze Nacht**

**ABER: Fall 1 und Fall 2 sind vor dem Gesetz gleich: Mittelungspegel 67.1 dB(A).**

## Ist der Schienenbonus wissenschaftlich noch haltbar?

- Die Begründung des Schienenbonus von 1990 ist auf Basis **neuer wissenschaftlicher Erkenntnisse nicht mehr haltbar**:
- In zahlreichen Studien ist die **Belästigung** durch Schienenlärm höher als durch Straßenlärm; insbesondere bei **Hochgeschwindigkeitszügen**
- Ein **gesundheitliches Risiko** definiert sich nachts durch **Aufwachen/Erregung bei Lärmspitzen** (Schlaflaborstudien)
- **Physiologische Parameter** sind hinsichtlich des Schienenlärms bisher **unzureichend untersucht**; eine Tendenz ist erkennbar (z.B. Herzfrequenz $\uparrow$ )
- Der Schienenbonus ermöglicht dagegen **mehr Züge oder lautere Züge** und **erhöht somit die nächtlichen Schlafstörungen und die damit verbundenen gesundheitlichen Risiken**
- Der **effektiver Lärmschutz** muss **Spitzenpegel, Anstiegsteilheit und Ruhezeiten** einschließen



## Danksagung

### Wissenschaftlicher Beirat (in alphabetischer Reihenfolge)

Dr. Ing. **Wolfgang Babisch**  
Umweltbundesamt, Berlin/Dessau

Univ.-Prof. Dr. med. **Barbara Griefahn**  
Leibnitz-Institut für Arbeitsforschung an der TU Dortmund

Univ.-Prof. Dr. med. **Roland Laszig**  
Hals-, Nasen-Ohrenklinik, Universitätsklinikum Freiburg

Univ.-Prof. em. Dr. physiol. **Manfred Spreng**  
Institut für Physiologie und Biologie, Universität Erlangen

---

Dr. jur. **Dieter Karlin**  
Verbandsdirektor, Regionalverband Südlicher Oberrhein

**Otto Neideck**  
Verbandsvorsitzender, Regionalverband Südlicher Oberrhein

Prof. Dr. jur. **Reinhard Sparwasser**  
Freiburg



**Ich danke für Ihre Aufmerksamkeit!**

Homepage: <http://www.uniklinik-freiburg.de/iuk/live/index.html>  
Email: [volker.mersch-sundermann@uniklinik-freiburg.de](mailto:volker.mersch-sundermann@uniklinik-freiburg.de)

