

Schall und Raum

Wechselwirkung
zwischen
Architektur,
Technik,
Umwelt
und Gesundheit!

Peter Lercher

Medizinische Uni Innsbruck

Baukongress neuLand, Wels 25.2.2016

Zielkonflikte im Wohnungsbau

■ Übergeordnete Zielkonflikte

- Energieeinsparung und Wirtschaftlichkeit
- Nachhaltigkeit, Umwelt- und Wohnqualität
- Wohlbefinden und Gesundheit

■ Untergeordneter Zielkonflikt

- Luftqualität in Innenräumen
- Akustische Qualität in Innenräumen
- **Konfliktlage:** Reduzieren Bewohner wegen Lärmbelästigung die Lüftung (insb. während der Nachtzeit) KANN sich das Risiko für Luft-bedingte Gesundheitsstörungen (Allergien, Asthma, Atemwegserkrankungen) erhöhen.

(z.B. IOM, 2011; Wargocki, 2013; Sharpe RA et al. 2015; Carrer et al. 2015, Wells et al. 2015; Colton et al. 2015)

➔ **Keine Lösung: Anschuldigung der Bewohner**

Zitate aus der Fachliteratur

Bauphysik und Planung

There is little research or guidance available on integrating different ventilation rate requirements with acceptable noise conditions. Harvie-Clark & Siddal 2014

Vor allem in verkehrsbelasteten Lagen ist die Lärmbelastung ein weiteres Argument für eine Lüftungsanlage, um ohne Fenster öffnen zu müssen, eine gute Raumluftqualität zu erreichen. Die Betrachtung des Lärms im Gebäude muss also zur Selbstverständlichkeit gehören.

Bachmann & Lange 2012

Bei der Planung und Ausführung energetischer Sanierungen von Altbauten werden die akustischen Belange gar nicht oder nur unzureichend berücksichtigt. Pietruschka et al. 2012

Physiologie und Gesundheit

Maximum sensitivity to infrasound will occur when ambient sound levels are low. Salt 2010

Perception-based protection from low-frequency sounds may not be enough. Salt & Lichtenhan, 2012

Low frequency sounds, contrary to their unobtrusive perception, strongly stimulate the human cochlea and affect amplification processes in the most sensitive and important frequency range of human hearing

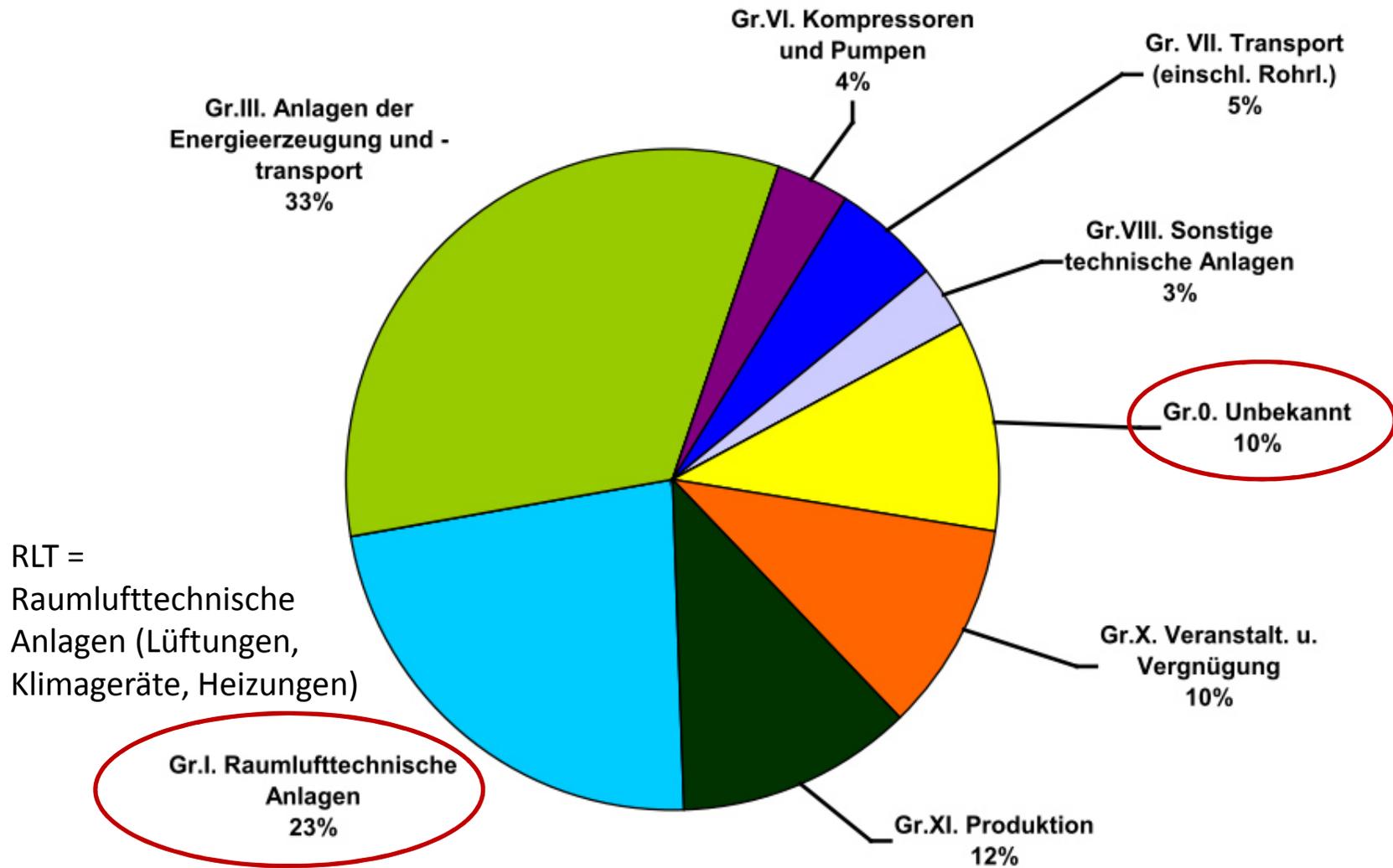
Kugler et al. 2014

Die RKI-Kommission rät aus umweltmedizinischer Perspektive dazu, Infraschall und den tieffrequenten Hörschallbereich gemeinsam zu betrachten. Robert Koch Institut 2007

Was hat sich entscheidend geändert ?

- **Die Bauhüllen sind dichter geworden: die Konsequenzen**
 - Absoluter Schallpegel ist geringer geworden
 - > Erwartung an Gesamt-Wohnqualität steigt
 - > Kritisch: Installations-, Nachbarschaftsgeräusche etc.
 - > Aber auch „Gefühl der Isolierung, des Abgeschnitten-Seins“ von natürlicher Umwelt
 - Der Frequenzgehalt des Schalls im Innenraum hat sich geändert
 - > Schallschutzfenster lassen tieffrequenten Lärm stärker durch
 - > Tiefe Frequenzen vom Verkehrslärm (Diesel PKW, LKW, Busse, Straßenbahn, Zug)
 - ABER: Auch neue Normen oder COST Action TU0901 haben diese Veränderung nur teilweise nachvollzogen (Rw sowie Rw + Ctr nach DIN EN ISO 717-1)
- **Lightweight constructions: die Konsequenzen**
 - Die Lärmdämmung für die tiefen Frequenzen ist schlechter
 - „low frequency resonances encountered in sandwich constructions“
Niedrige Resonanzfrequenzen bewirken eine Verbesserung, hohe eine Verschlechterung der Schalldämmung
- **Energetische Bestandssanierung: die Konsequenzen**
 - Akustische Qualität oft zu wenig berücksichtigt

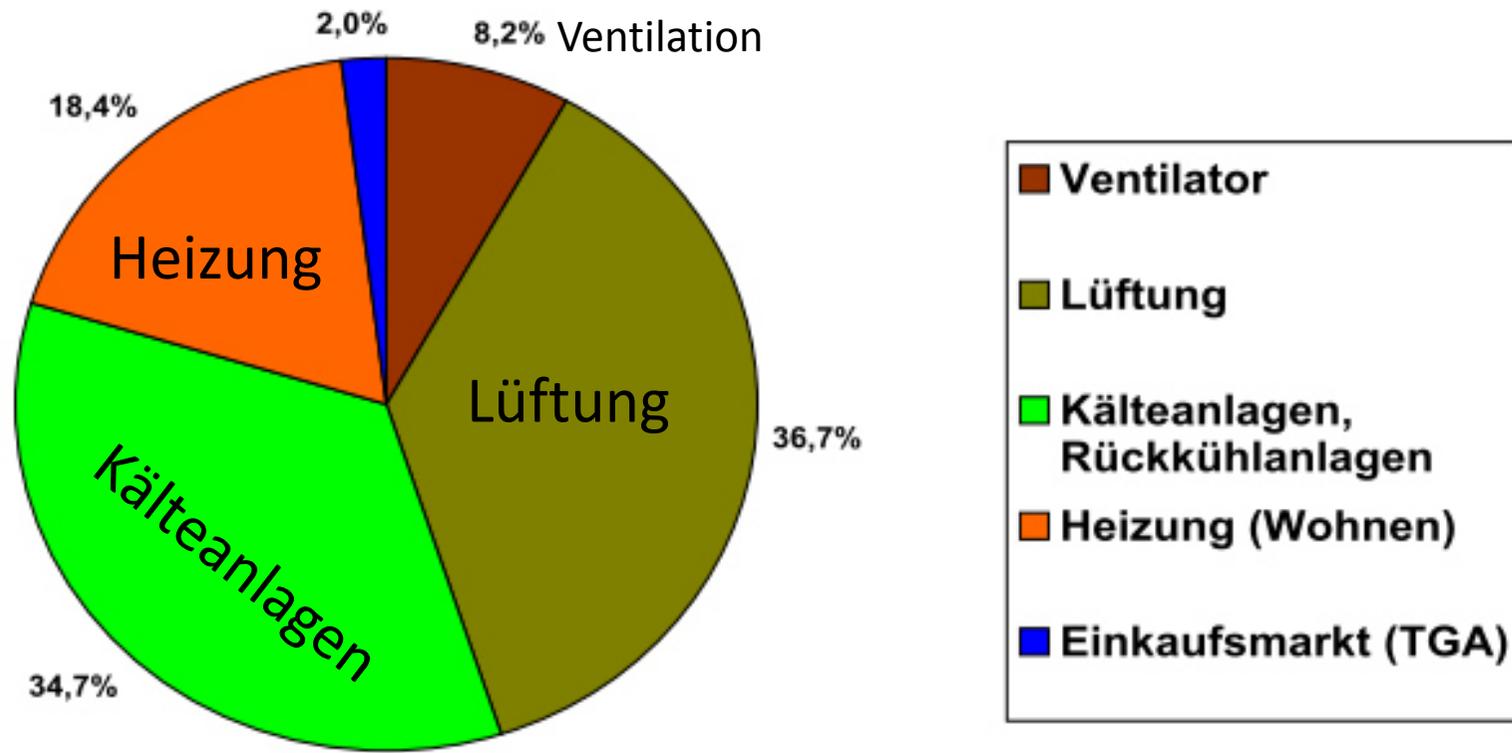
Wo gibt es die größten Probleme?



Prozentuale Verteilung der Beschwerden über Infraschall und tieffrequente Geräusche auf Quellengruppen*

Welche Raumlufttechnischen Anlagen?

Detailansicht der Problemquellen in der Gruppe „Raumlufttechnische Anlagen“



Wo liegen die möglichen Ursachen*?

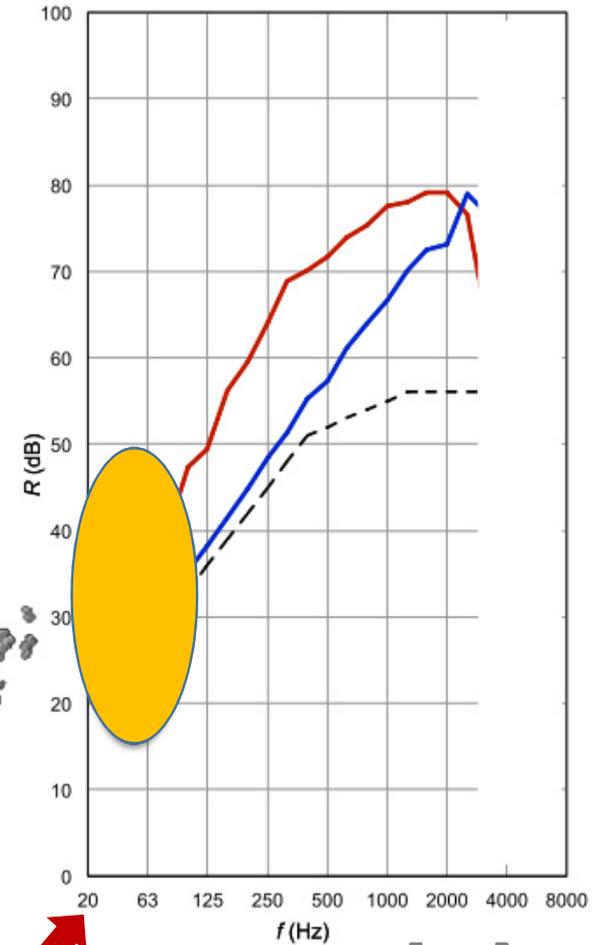
- Die Instrumente, Richtlinien und Normen sind restriktiv
 - Orientierung der Normen: „Möglichst Wenigen zu schaden“
 - Die Unsicherheiten (Vertrauensintervalle) werden zu wenig berücksichtigt (Haapio & Viitaniemi 2008; Scrosati, & Scamoni 2015)
 - Verwendung von A-Bewertung und Einzahlindikatoren (Leq, Lden, Kb-Wert etc.)
 - Berücksichtigter Frequenzbereich: meist nur ab 100 Hz, zuletzt auch ab 50 Hz
 - Wechselwirkungen zwischen den Faktoren werden nicht berücksichtigt (was die Unsicherheiten beträchtlich verstärkt)
 - Berücksichtigung des Kontext zu gering (welche Umgebungsbedingungen sind essentiell? z.B. welche Verkehrsquellen)
- Planung und Umsetzung im Detail – kaum Evaluation
- Die Vielfalt der Baukörper, der Materialien und des Nutzerverhaltens
- Immer noch zu wenig transdisziplinäre Forschung und Umsetzung

*"Despite policy directives, standards and guidelines, indoor environmental quality is still poor in many cases". Bluyssen PM In: The healthy indoor environment, Routledge 2013

In der Vergangenheit
haben wir nicht darauf geachtet,
was im Niedrigfrequenzbereich
passiert*



Schalldruckpegel [dB]



Frequenz [Hz]

Deskriptoren für das Acoustic classification scheme (ACS) der COST Action TU0901

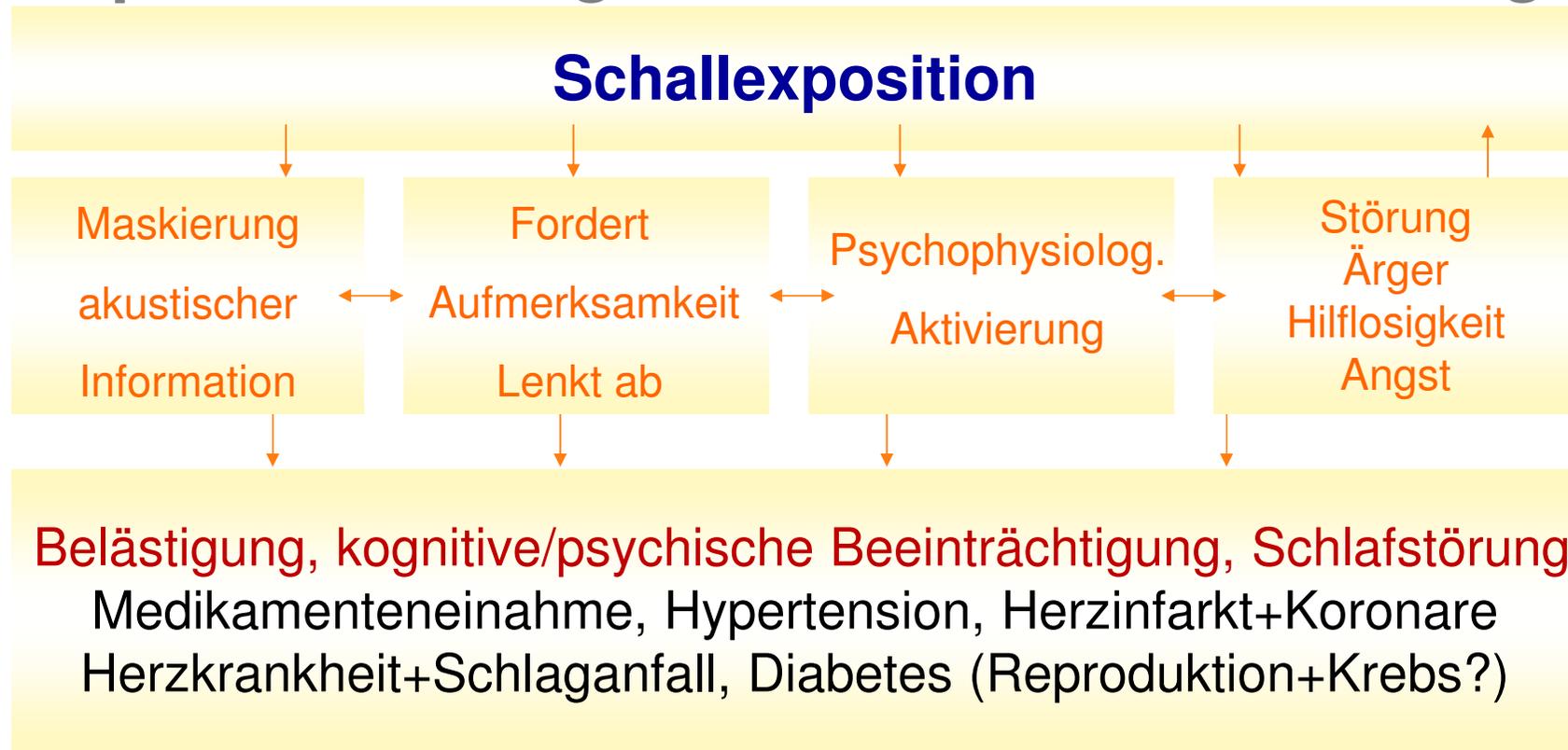
Acoustic characteristic	Basic quantity	Frequency range	Provisional notation single number
Airborne sound insulation	D_{nT}	50 - 3150 Hz or 100-3150 Hz	$D_{nT,50}$ ($= D_{nT,w} + C_{50-3150}$) $D_{nT,100}$ ($= D_{nT,w} + C$)
Impact sound insulation	L'_{nT}	50 - 3150/2500 Hz or 100-3150/2500 Hz	$L'_{nT,50}$ ($= L'_{nT,w} + C_{l,50-2500}$) & $L'_{nT,w}$ $L'_{nT,100}$ ($= L'_{nT,w} + C_l$) & $L'_{nT,w}$
Facade sound insulation	$D_{2m,ls,nT}$	50 - 3150 Hz or 100-3150 Hz	$D_{2m,nT,50}$ ($= D_{2m,nT,w} + C_{tr,50-3150}$) $D_{2m,nT,100}$ ($= D_{2m,nT,w} + C_{tr}$)
Service equipment sound	$L_{eq,nT}$ or $L_{F,max,nT}$	63 to 8000 Hz (octave)	$L_{Aeq,nT}$ or $L_{AF,max,nT}$

Kommentar der Verfasserin B Rasmussen:

- „Nothing really new, except denotations and an appropriate selection of
- existing quantities (ISO 140-4, -5, -7 & ISO 16032)
 - rating methods (ISO 717)

Lärm als Stressor

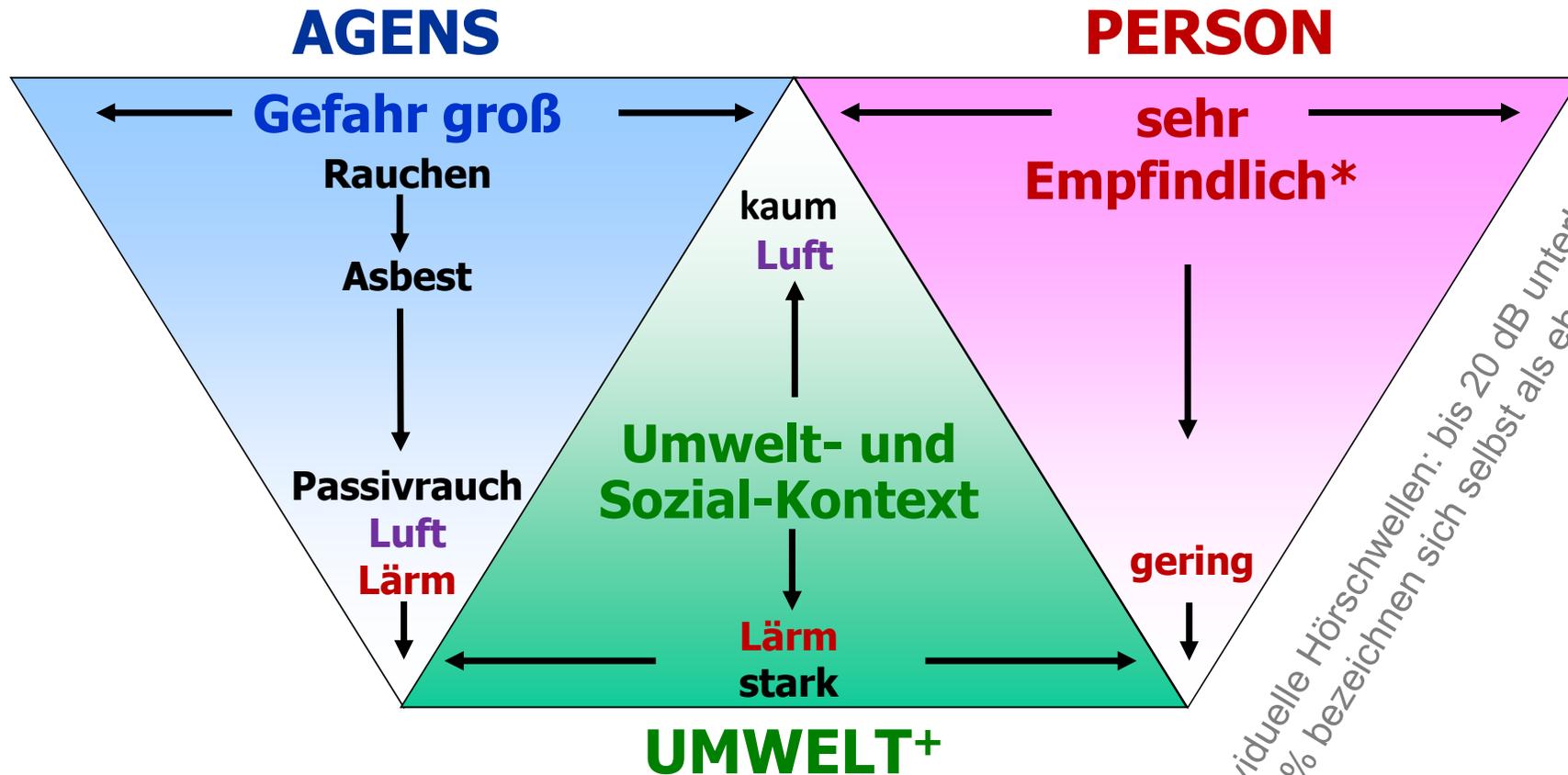
Spezifische Wege zur Gesundheitsbelastung



Modifiziert nach Miedema 2001

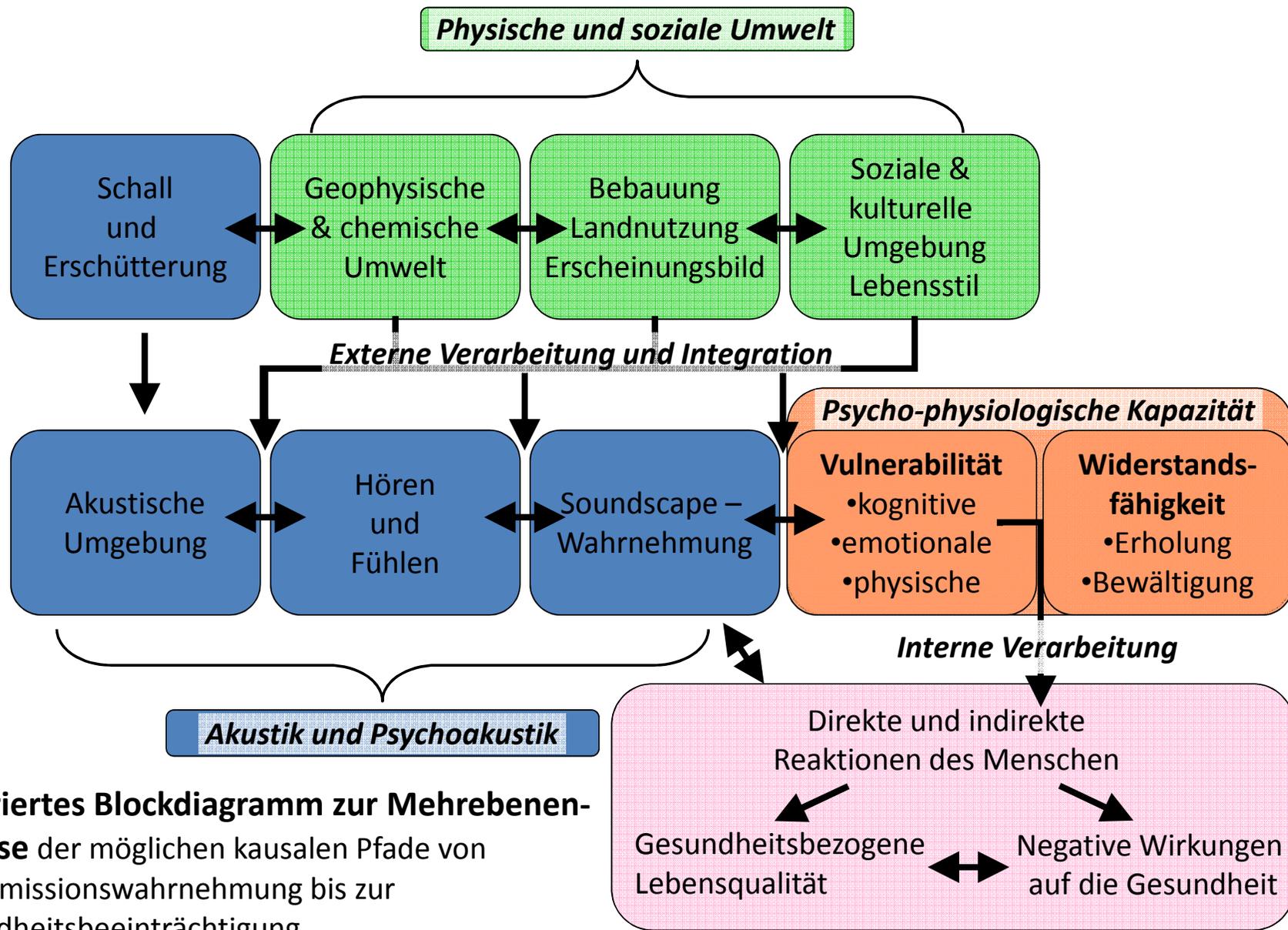
Mögliche Kombinationswirkungen durch Erschütterungen, Luftqualität und andere Stressoren

Problemzone Wechselwirkungen



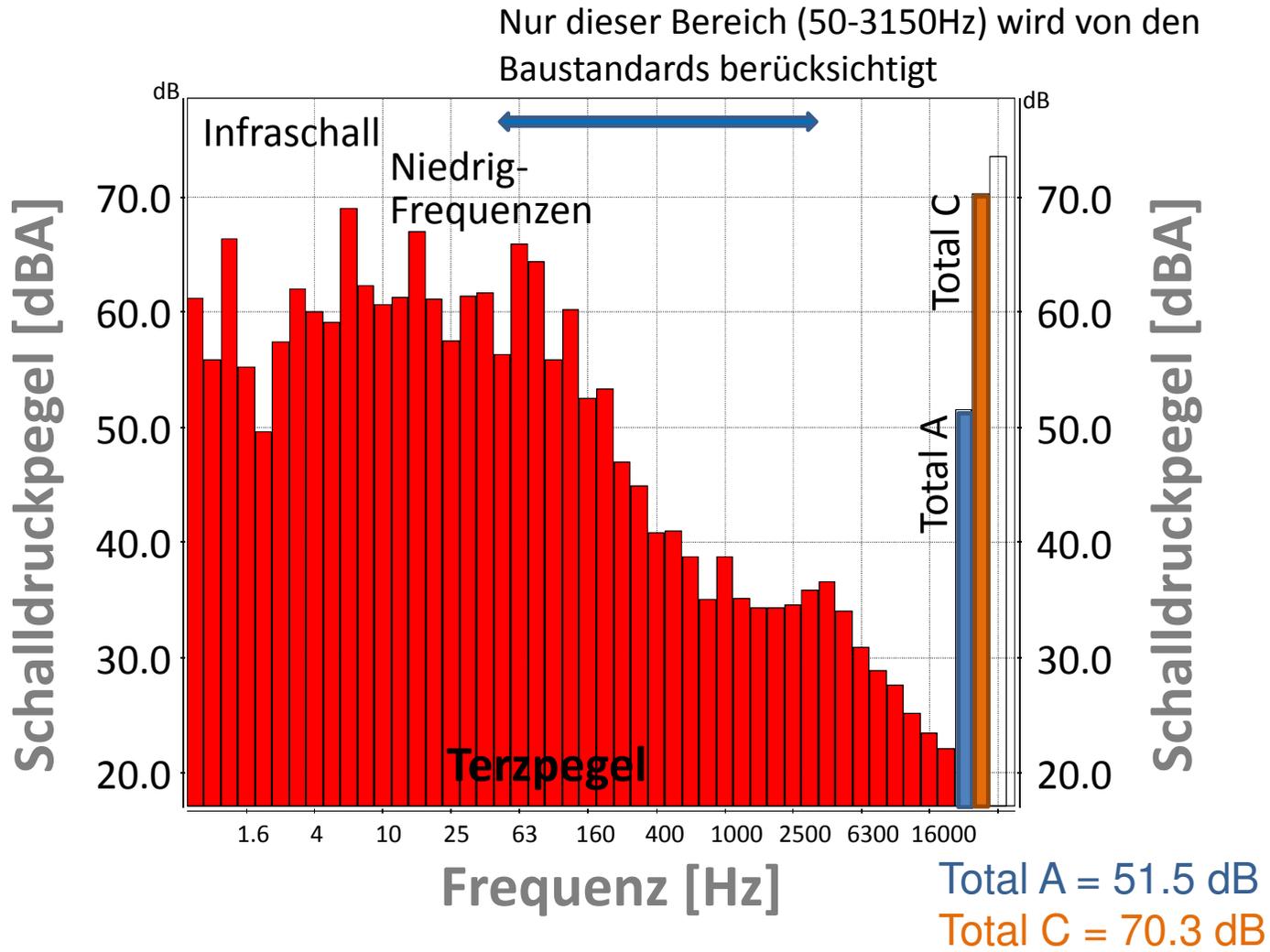
+ ca. 30-40 % der Belästigung kann durch den Kontext erklärt werden

* Individuelle Hörschwellen: bis 20 dB unterhalb mittlerer Hörschwelle
25-30% bezeichnen sich selbst als eher lärmempfindlich



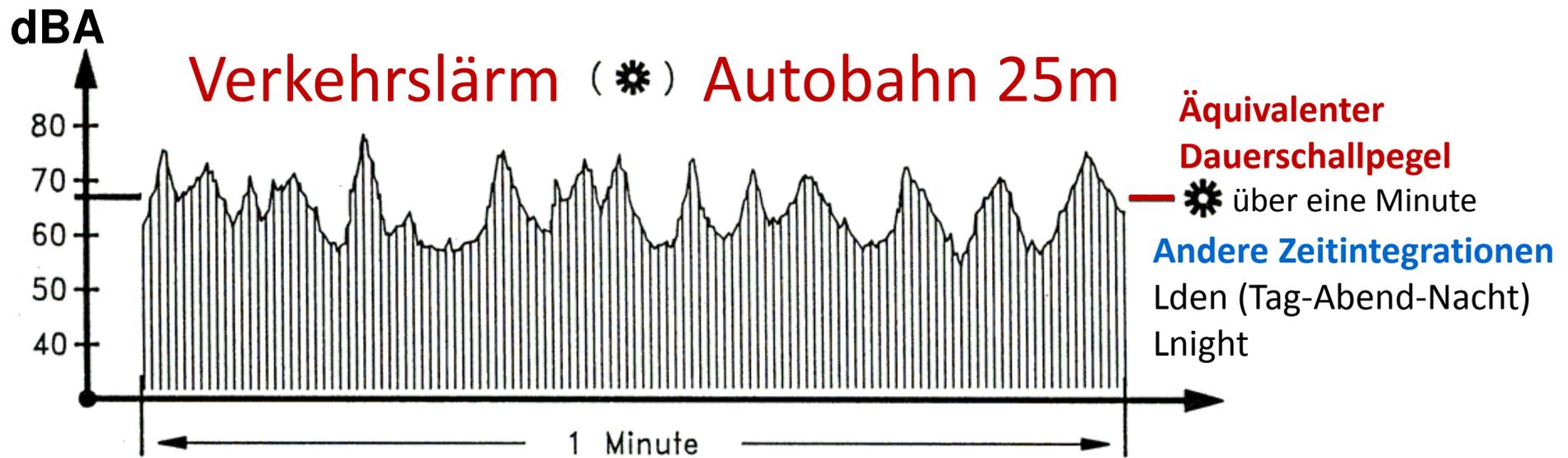
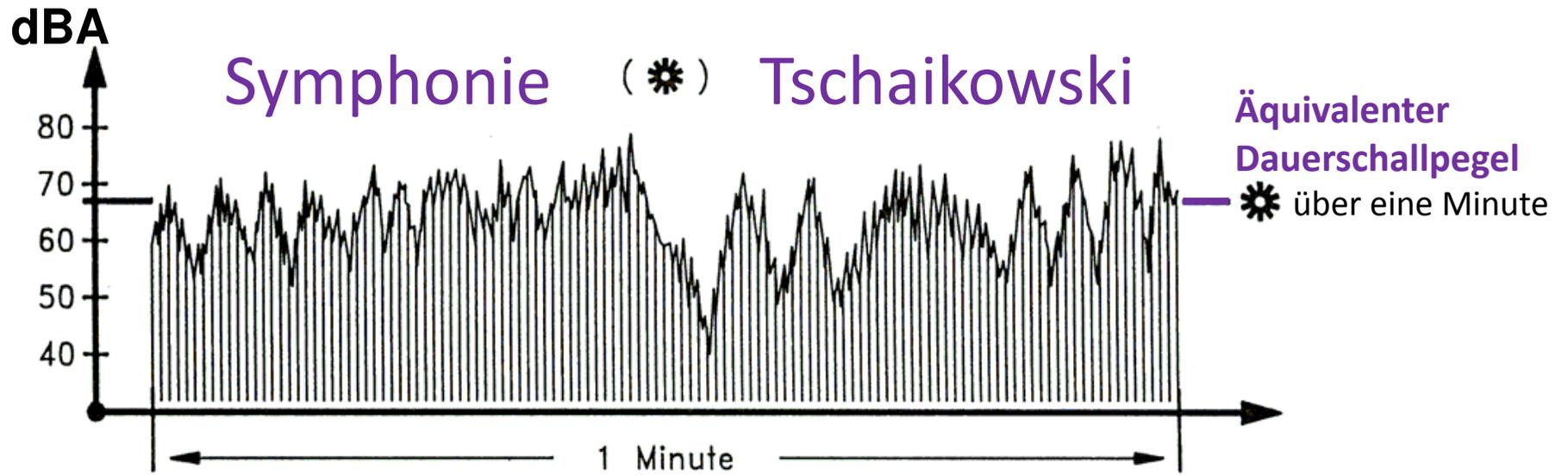
Integriertes Blockdiagramm zur Mehrebenen-Analyse der möglichen kausalen Pfade von der Immissionswahrnehmung bis zur Gesundheitsbeeinträchtigung

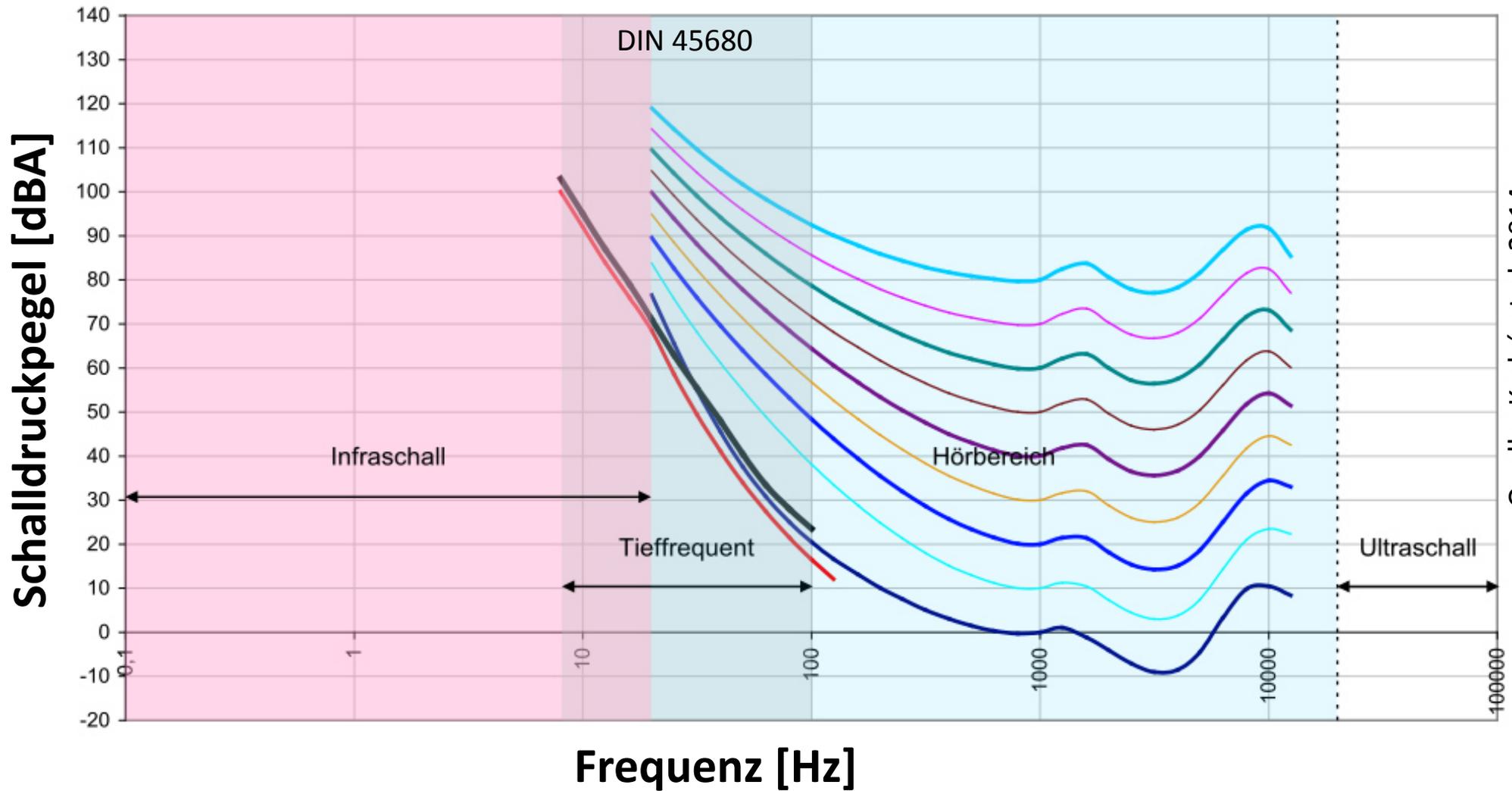
Ein Beispiel: integriertes Lüftungssystem im Technikraum*



*ausgelegt für 300-400m³/h

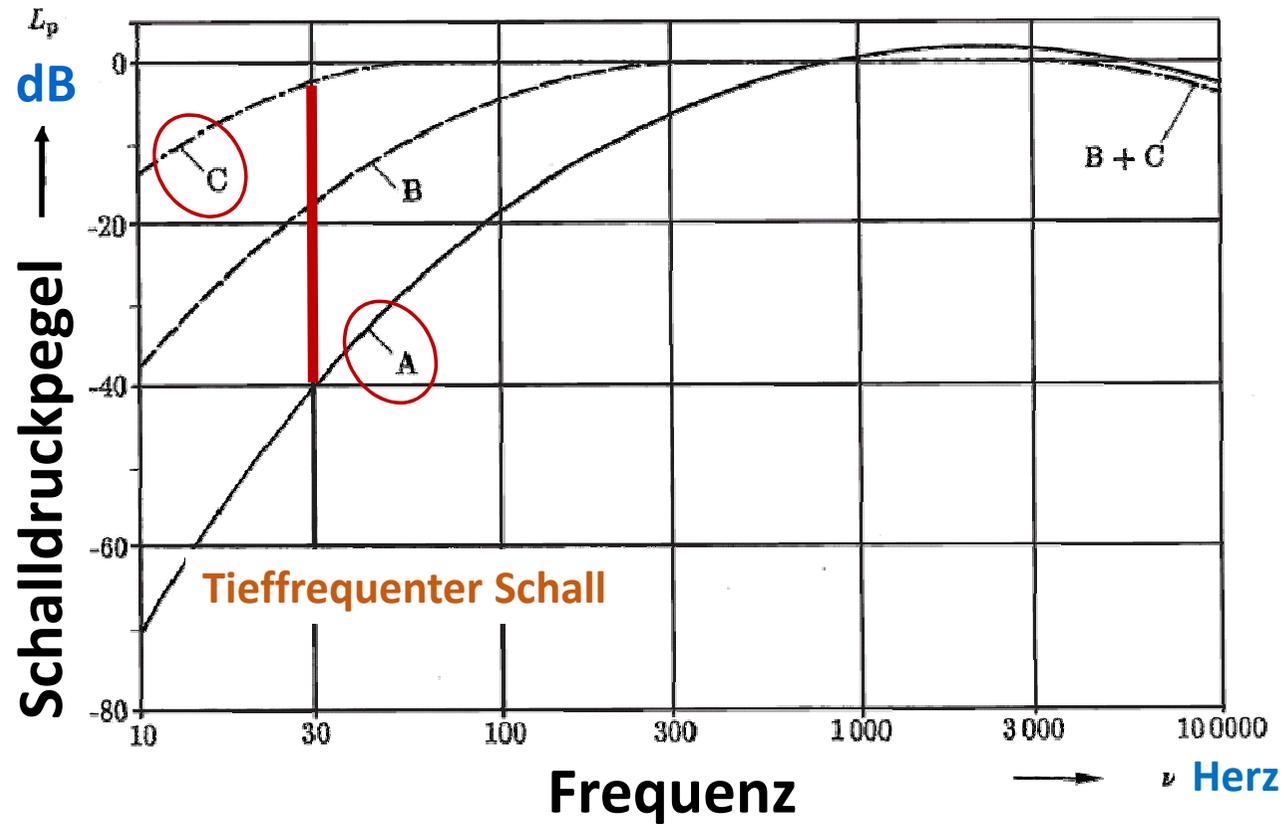
Die A-Bewertung und die Einzahlindikatoren





Quelle: Krahé et al. 2014

Die Frequenzabhängigkeit der Lautstärkewahrnehmung*
 „Kurven gleicher Lautstärke“: * **basiert auf Darbietung von Tönen**



Schallbewertungsoptionen: C versus A

Entwurfssfassung der DIN 45680: wenn die Differenz zwischen dem C- und A-bewerteten Pegel 15 dB beträgt ist die C-Bewertungskurve zu verwenden

Die Begrenztheit vorbildlicher Produktschalldaten*

	Bandmittenfrequenz	Gehäuseabstrahlung			Außenluftstutzen			Zuluftstutzen			Fortluftstutzen			Abluftstutzen			
		I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	
100 Pa	Stufe																
	63 Hz	L _w in dB	45	47	49	62	64	66	64	66	68	62	64	66	63	65	67
	125 Hz		38	41	42	44	47	49	57	60	61	55	58	59	43	46	48
	250 Hz		42	44	46	43	46	48	57	60	61	58	61	62	48	51	52
	500 Hz		36	39	40	37	40	41	54	56	58	54	56	58	43	45	47
	1000 Hz		29	32	33	31	33	35	55	58	60	54	56	58	34	37	38
	2000 Hz		17	20	22	23	26	28	47	50	52	45	48	49	25	28	29
	4000 Hz		13	15	17	15	17	19	39	42	43	36	39	41	16	18	20
	8000 Hz		14	16	18	17	20	22	31	33	35	28	31	32	18	20	22
Summe L _{WA} in dB (A)		37	39	41	41	43	45	58	61	62	57	60	61	44	47	48	

*für externe Druckerhöhung von 100 Pa (Integriertes Lüftungssystem bis 150m³/h Luftmenge)

Frequenz und Wellenlängen von tieffrequentem Luftschall

Frequenz (Hz)	1	5	10	16	20	25	50	100	150	200
Wellenlänge (m)	340	68	34	21,25	17	13,6	6,8	3,4	2,27	1,7



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

Berücksichtigung des Schalls in seiner Ganzheit

Physikalisch

- ◆ Ton, Klang, Geräusch
- ◆ Pegelstärke, Bandbreite, Anstiegssteilheit
- ◆ Frequenzstruktur: hoch-/tieffrequent
- ◆ Zeitstruktur: regel-/unregelmäßig

Psycho-akustisch

- ◆ Lautheit und Schärfe
- ◆ Schwankungsstärke und Rauigkeit
- ◆ Ton-, Impuls-, Informationshaltigkeit
- ◆ Lästigkeit

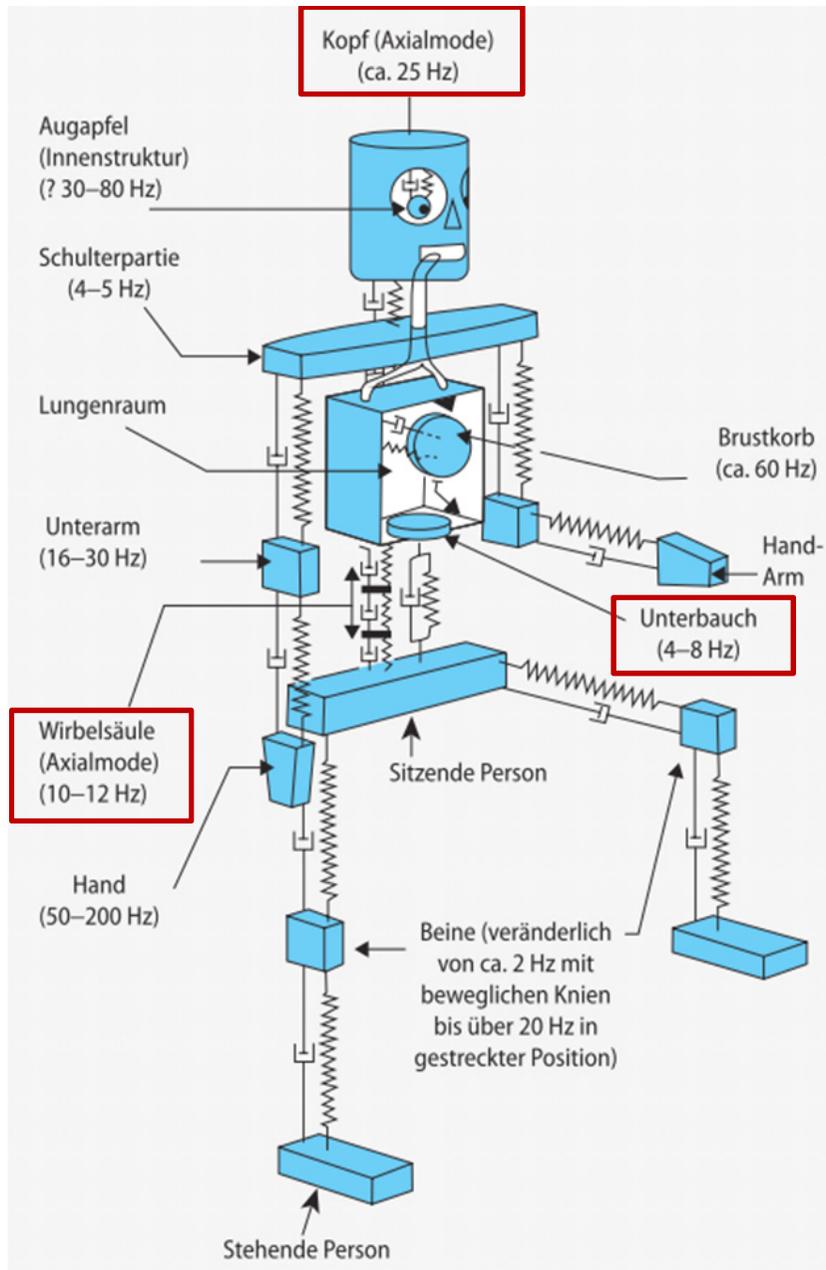
Öko-akustisch

- ◆ Räumliche Gerichtetheit (ortbar-diffus-wechselnd)
- ◆ Ruheigkeit (Ruheanteil + Hintergrundschallpegel)
- ◆ “Soundscape” und “Passung”

Akustik und Psychoakustik

Der dBA-Wert wird aus der Gesundheitsperspektive nicht korrekt bewertet – wenn folgende Umstände vorliegen*

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



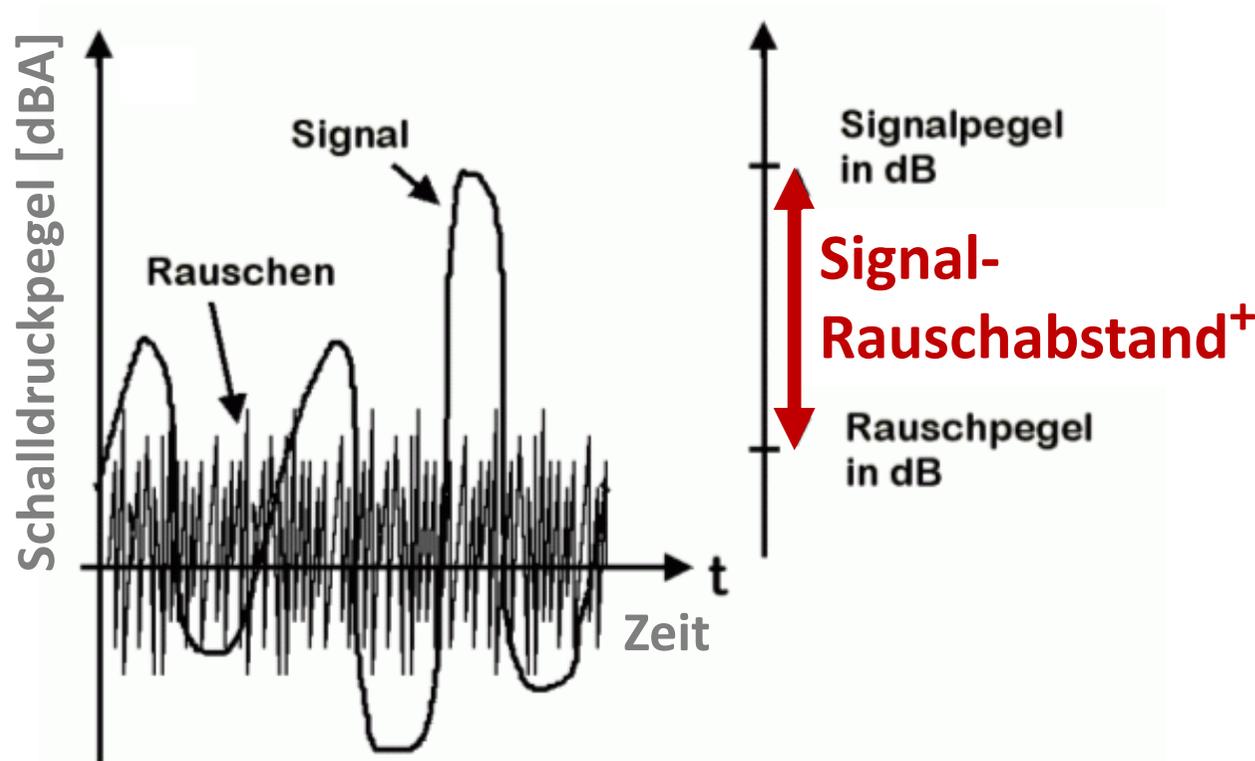
Kritischer Bereich: Mögliche Resonanzphänomene

Abhängig von der Körperposition !

Abb. 2. Einfaches mechanisches Modell
des menschlichen Körpers mit seinen
Resonanzfrequenzen

Quelle: Robert Koch-Institut 2007 nach T Poulsen 2003

Der Signal-Rauschabstand* ist eine entscheidende Größe für die gesundheitliche Beurteilung



+Daumenregel

Eine 10 dBA-Differenz[°] kann bereits autonome vegetative Reaktionen auslösen

[°] zwischen Spitzenpegel (Lmax) und Grundpegel (L95)

* Es ist schon lange bekannt, dass die Belästigung im Niederschallbereich (<50dBA) proportional zur Hörbarkeit ist (Fidell et al 1979, Schomer 1981)

Umwelt und Wechselwirkungen

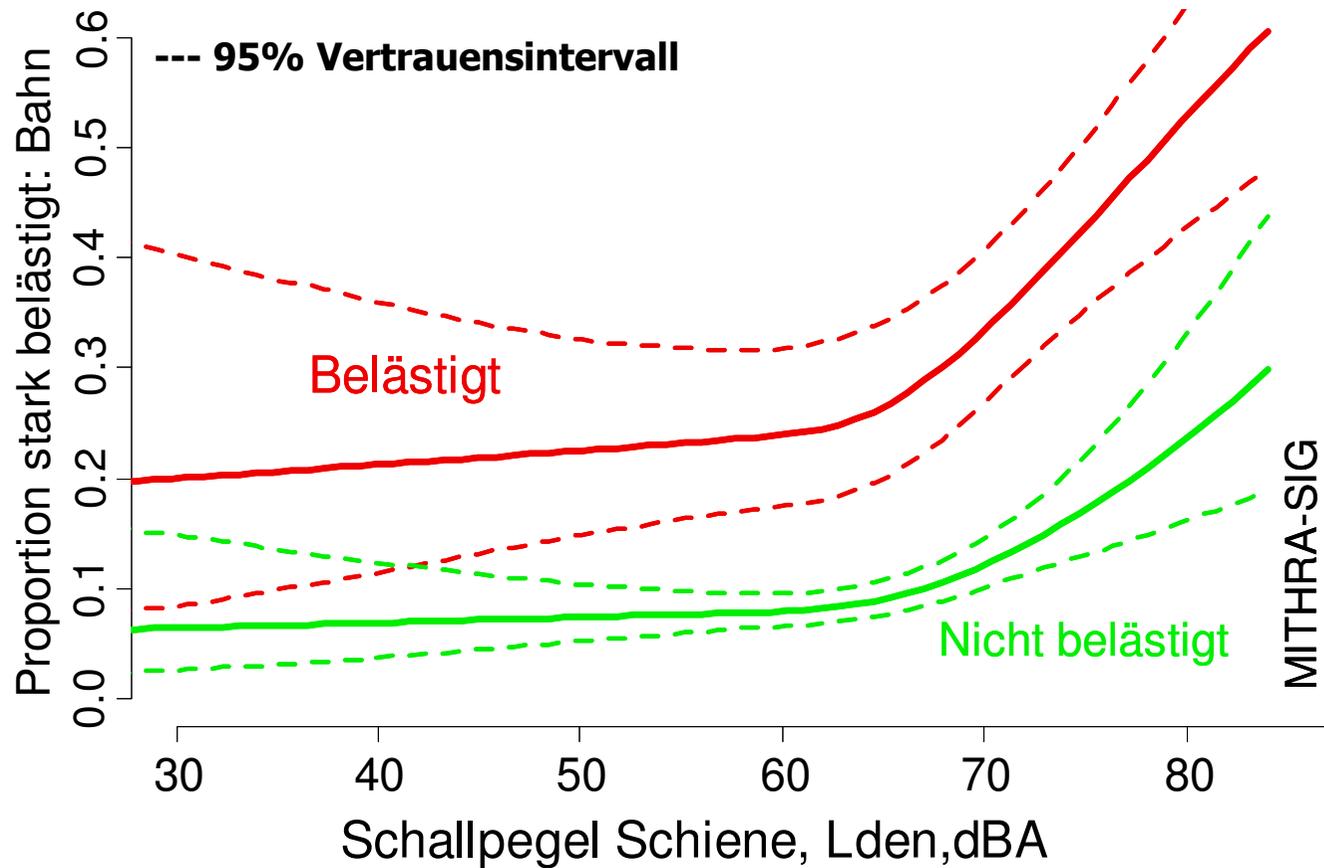
Person-Umwelt-Kongruenz*
„Passung“ und „Kontrolle“

Person-Umwelt-Wechselwirkungen
„Anpassungsüberlastung“

* Balance zwischen Handlungsmöglichkeiten und Handlungsunmöglichkeiten im Gesamt-Kontext der physischen Umwelt (Guski 1991)

Kombinierte Expositions-Wirkungskurve: Schiene

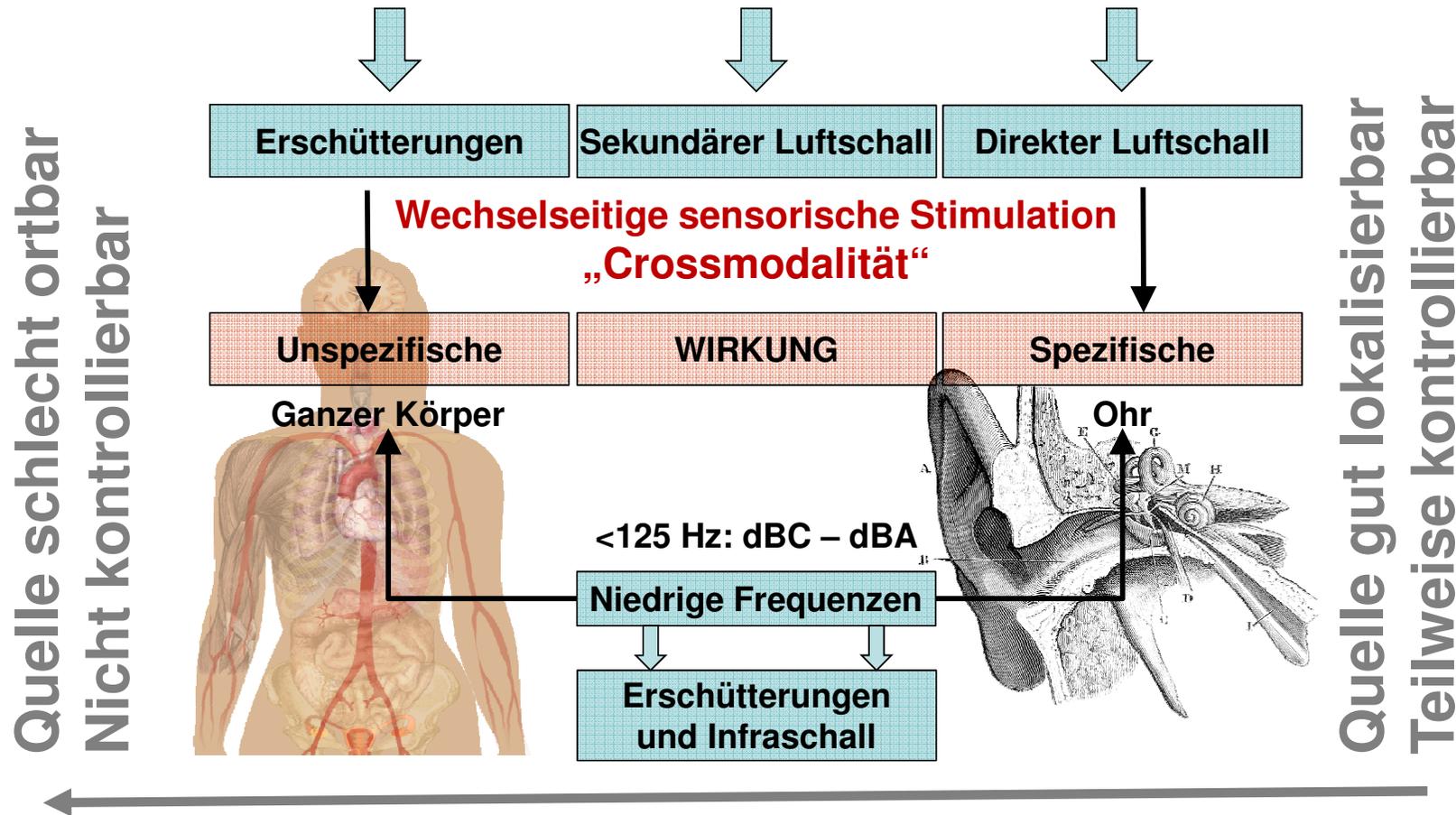
Proportion erheblich Belästigte durch Schienenlärm,
wenn zusätzlich belästigt oder nicht belästigt durch
Erschütterungen oder sekundären Luftschall



Quelle: Lercher P. Encyclopedia of Environmental Health 2011

Gesundheitsteil der ALPNAP-Studie, N=1643

Integrierte Messung und Bewertung notwendig



<http://homepage.i-med.ac.at/q002pl/>

Download der Präsentation

Unter News-Conferences

->Bitte um etwas Geduld!

Research Gate

https://www.researchgate.net/profile/Peter_Lercher3

Allgemeine Suche in Google

Lercher & Lärm

Lercher & noise

**Danke für
Ihre Aufmerksamkeit**

