

Für Mensch & Umwelt

Umwelt 
Bundesamt

Fortbildung für den Öffentlichen Gesundheitsdienst

Konzept zur wirkungsgerechten Gesamtlärmbewertung bei Mehrfachbelastungen

Julia Müller

Umweltbundesamt

Fachgebiet I 3.4

„Lärminderung bei Anlagen und Produkten, Lärmwirkung“

Lärm ist nicht gleich Lärm

➤ Kontinuierliche Geräusche



➤ Tieffrequente Geräusche



➤ Vielfältige Geräuschcharakteristik



➤ Intermittierende Geräusche



Lärmbedingte Wirkungen

**Schädigung
der Gehörorgane**

Stressreaktionen

**Kognitive
Beeinträchtigungen**

**Herz-Kreislauf-
Erkrankungen**



Schlafstörungen

**Psychische
Erkrankungen**

Belästigung

Was ist Lärmbelästigung

- Wirkung des Lärms, die die meisten Menschen betrifft
- Ist mehr als das subjektive Wohlbefinden eines Menschen
- Wird wegen der großen Bedeutung explizit im BImSchG und Fluglärmschutzgesetz genannt:

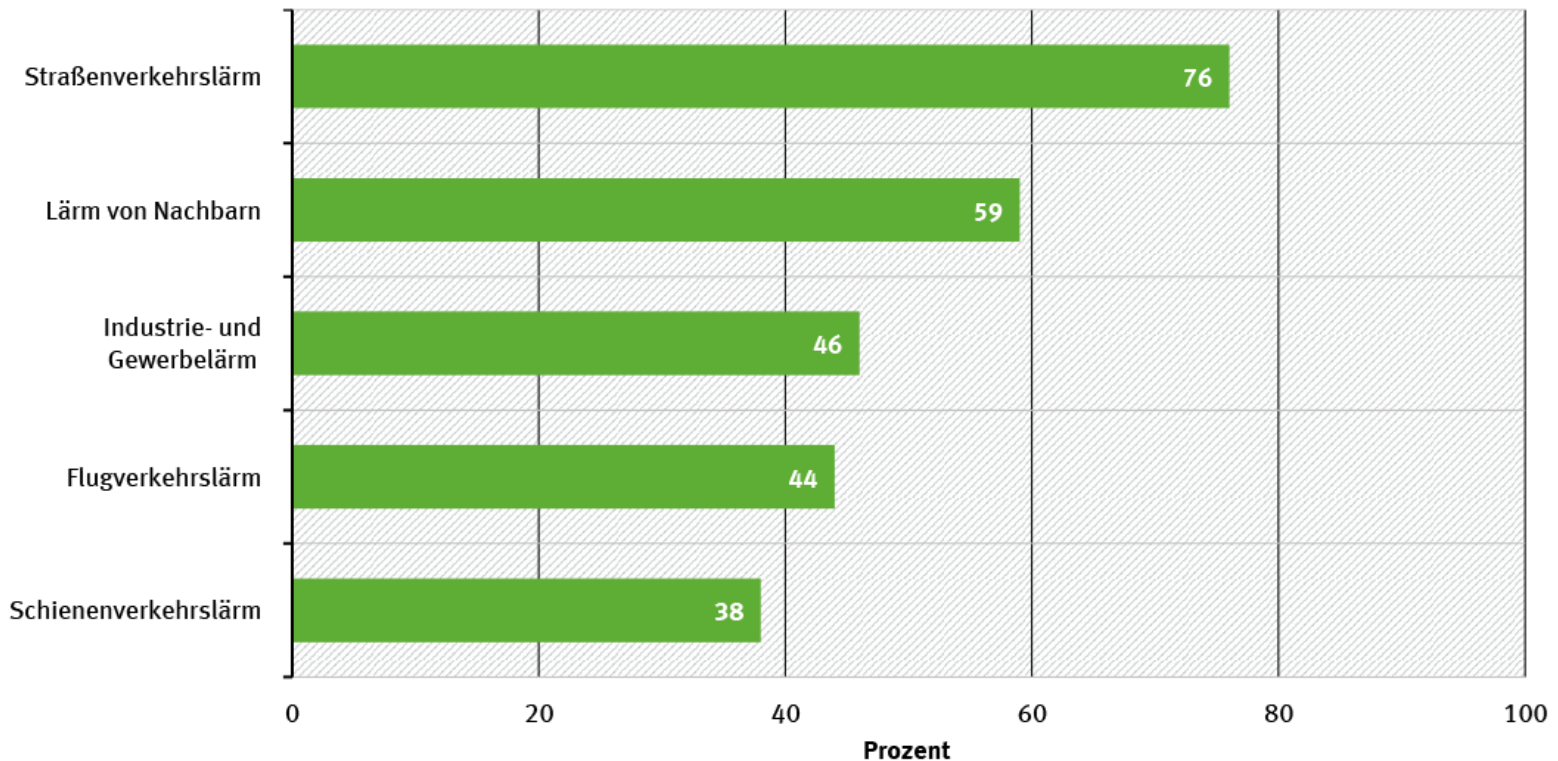
„[...] die Bevölkerung ist vor erheblicher Belästigung (durch Lärm) zu schützen.“

Umweltbewusstsein in Deutschland - Lärmbelästigung

Belästigung durch einzelne Lärmquellen 2016

Frage: Wenn Sie einmal an die letzten 12 Monate hier bei Ihnen denken, wie stark haben Sie sich persönlich durch den Lärm von folgenden Dingen gestört oder belästigt gefühlt?

Antworten: "zumindest etwas belästigt", das heißt Summe der Angaben „äußerst gestört oder belästigt“, „stark gestört oder belästigt“, „mittelmäßig gestört oder belästigt“ und „etwas gestört oder belästigt“

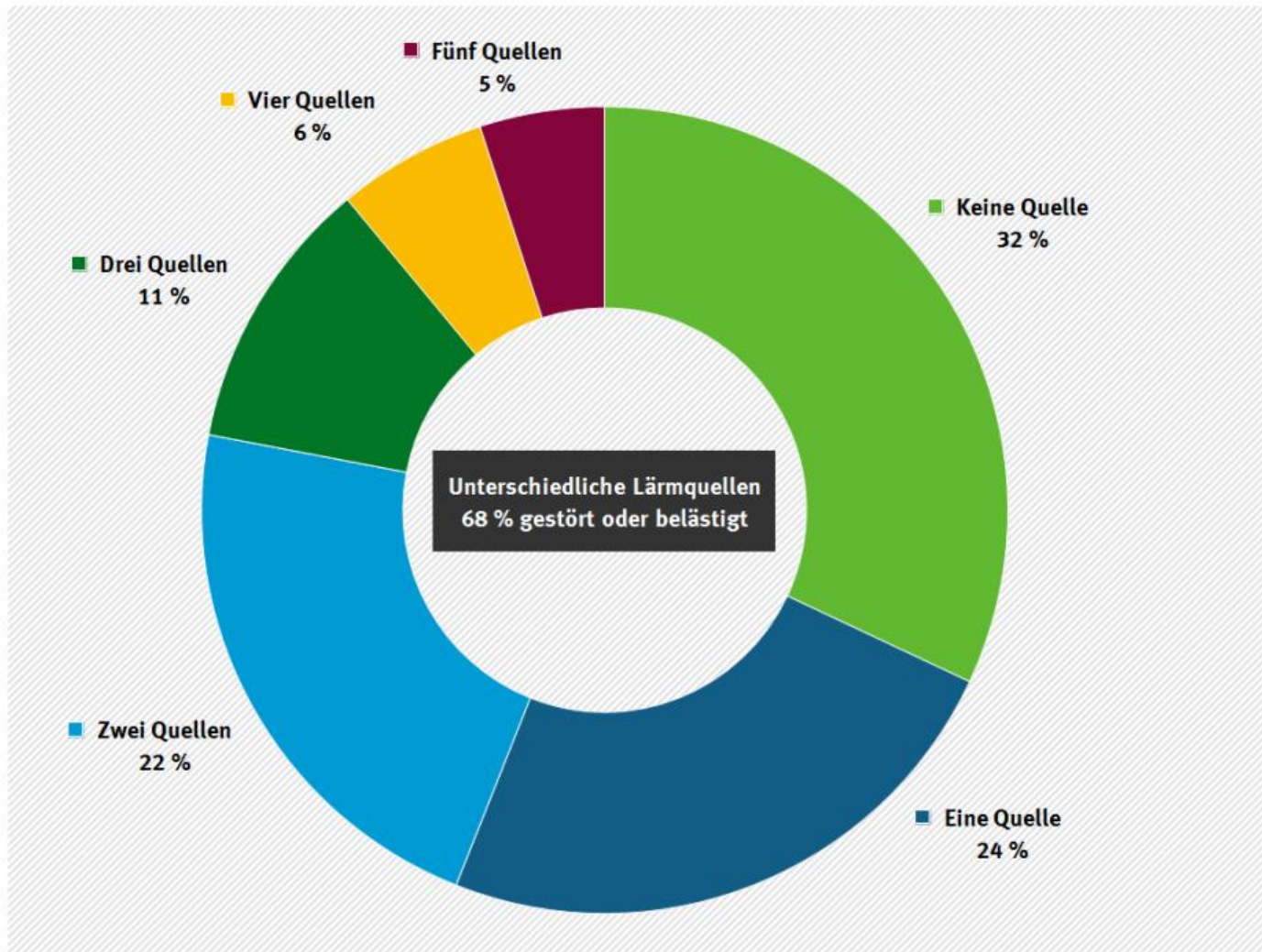


N= 2.030, Onlinebefragung 2016, 1. Befragungswelle, Stichprobe ab 14 Jahren

Quelle: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit/Umweltbundesamt (Hrsg.), Umweltbewusstsein in Deutschland 2016, Ergebnisse einer repräsentativen Bevölkerungsumfrage

Lärmbelästigung durch mehrere Lärmquellen in Deutschland

Lärmbelästigung durch mehrere Lärmquellen (in %)



Daten: Umweltbewusstsein in Deutschland 2014

Quelle: Umweltbundesamt 2015

Deutsche Lärmschutzregelungen

Lärmschutzregelungen

Emission

Kraftfahrzeuge

Schienenfahrzeuge

Luftfahrzeuge

Produkte

Immission

Straßenverkehr

Schienenverkehr

Luftverkehr

Industrie/Gewerbe

Möglichkeiten einer Gesamtlärbetrachtung

- Energetische Summation verschiedener Lärmarten
- einfache Pegeladdition, aber wirkungsgerecht?

$$L_{\text{ges}} = 10 \log (10^{L_{\text{STR}}/10} + 10^{L_{\text{SCH}}/10} + 10^{L_{\text{FL}}/10})$$

- Wirkungsgerechte Überlagerung verschiedener Lärmarten
- wirkungsgerecht, aber komplexes Modell !

Renormierter Ersatzpegel $L^*_{r,\text{TAN},x}$

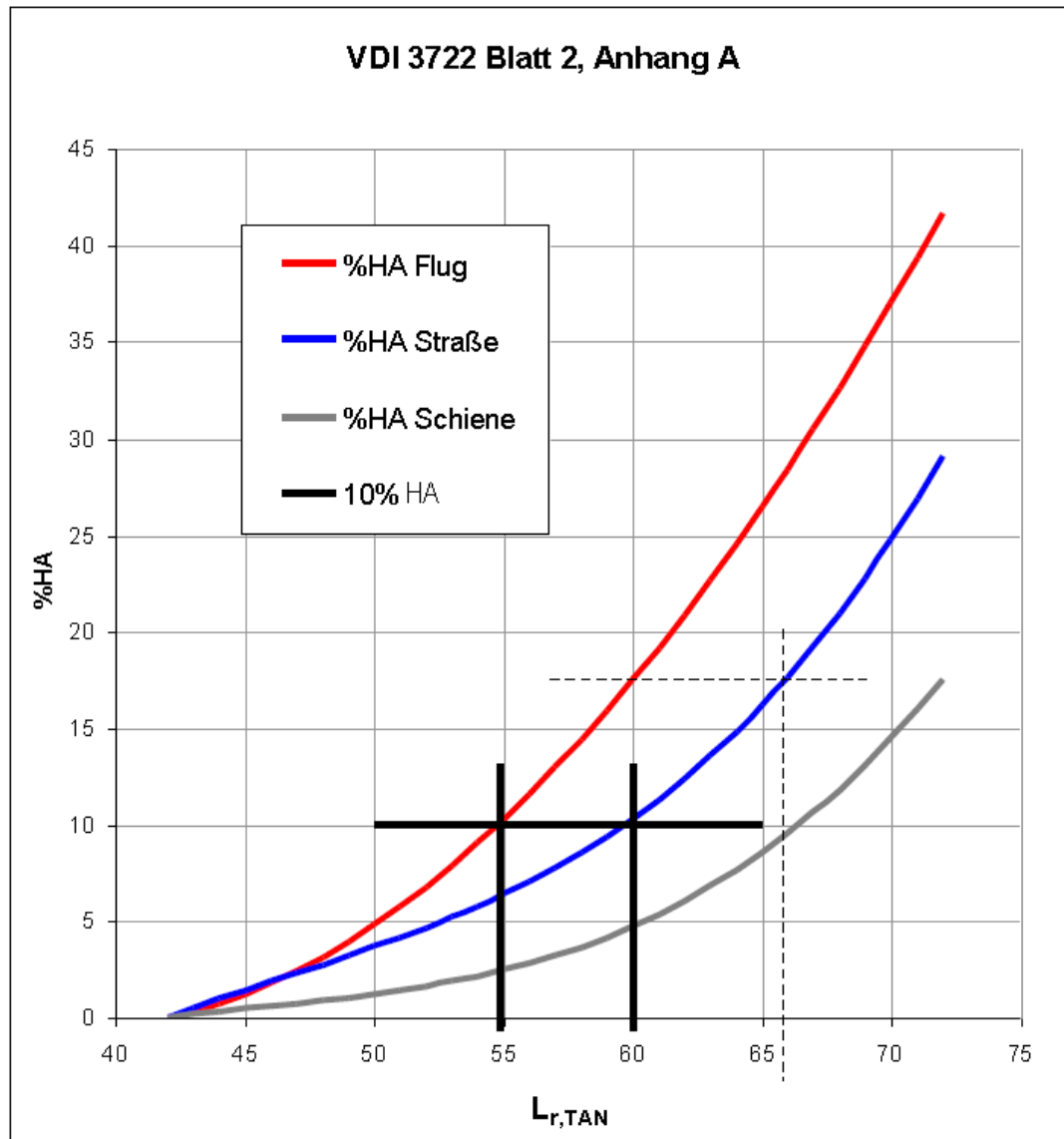
Summenpegel = effektbezogener Substitutionspegel

$$L_{\text{AES}} = 10 \log (10^{L^*_{r,\text{TAN},\text{STR}}/10} + 10^{L^*_{r,\text{TAN},\text{SCH}}/10} + 10^{L^*_{r,\text{TAN},\text{FL}}/10})$$

Grundzüge der VDI 3722-2

- „Wirkung von Verkehrsgeräuschen – Kenngrößen beim Einwirken mehrerer Quellenarten“
- Belastung: nur Verkehrslärmarten
- Kenngrößen: $L_{r,TAN}$, $L_{r,N}$; diese entsprechen L_{DEN} , L_{night}
 $L_{r,T}$, $L_{r,TN}$
- Lärmwirkungen: nur für Belästigungen und selbst berichtete Schlafstörungen
- Kenngrößen: % *A*, % *HA*, % *SD*, % *HSD*
- Grundlage: Expositions-Wirkungsbeziehungen aus European Environment Agency, Technical Report No 11/2010
- Anwendung eines Substitutionsverfahrens
- Ziel: Berechnung einer Beeinträchtigungskenngröße N_B , die die Anzahl der in einem Untersuchungsgebiet vom Verkehrslärm betroffenen Personen angibt

Berechnungsbeispiel



Beispiel:

Fluggeräusche:

$$L_{r,TAN,FL,A} = 60 \text{ dB}$$

Straßenverkehrsgeräusche:

$$L_{r,TAN,STR,A} = 60 \text{ dB}$$

renormierter Ersatzpegel

Flug:

$$L_{r,TAN,FL,A}^* = 66,4 \text{ dB}$$

effektbezogener

Substitutionspegel:

$$L_{AES} = 67,3 \text{ dB}$$

Gesamtlärm in Deutschland



Koalitionsvertrag Bundesregierung

„Gesamtlärm (...) muss als Grundlage für Lärmschutzmaßnahmen herangezogen werden“

„Wir werden (...) eine Gesamtlärbetrachtung einführen“

- Studie zu den gesundheitlichen Auswirkungen von Umgebungslärm am Beispiel der Stadt Bremen (2015 abgeschlossen)
- **Wirkungs- und praxisgerechte Neubewertung und Erweiterung eines Gesamtlärmmodells (2015 angelaufen)**

TEXTE
105/2015

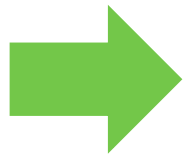
Umgebungslärm und
Gesundheit am Beispiel
Bremen

Umwelt 
Bundesamt

Wirkungs- und praxisgerechte Gesamtlärbewertung

Ziel:

Die Grundlage für eine fundierte, wirkungsgerechte Beurteilung der Gesamtlärmproblematik erweitern und den praxisgerechten Einsatz zur Planung und Genehmigung sichern.



VDI 3722-2

Umsetzung:

- Schließung von Regelungslücken durch Ergänzung und Erweiterung
- Erarbeitung eines Finanzierungsmodells
- Weiterentwicklung der rechtlichen Regelungen
- Qualitätssicherung des Berechnungsverfahrens

Regelungslücken der VDI 3722-2

- Pegel außerhalb des vorgegebenen Wertebereichs
- Auswahl der Belästigungskurven (%A vs %HA)
- Interaktion von Tag- und Nachtlärmwirkungen
- Einbezug von Industrie- und Gewerbelärm
- Berücksichtigung von Gesundheitsschutzaspekten

Pegel außerhalb des vorgegebenen Wertebereichs

unterhalb des Wertebereichs

Bei %SD/HSD:

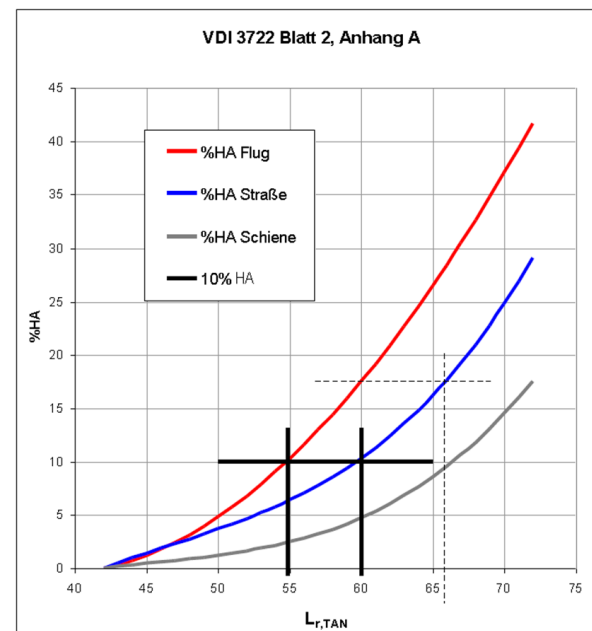
- Ansatz der linearen Verlängerung des $L_{r,N}$ - Pegelbereichs zwischen 0 dB (entspricht 0% (H)SD) und 40 dB (nach Probst & Gillé, 2014)

Für %A/HA:

- renormierte Ersatzpegel wird auf untere Grenze (37/42 dB gesetzt) und der %(H)A-Anteil auf 0%.
- Diese Ersatzpegel fließen in die L_{AES} -Berechnung ein.

oberhalb des Wertebereichs

- lineare Verlängerung auch über einen rechnerischen 100%-Beeinträchtigungsanteil hinaus



Auswahl der Belästigungskurven (%A vs %HA)

Empfehlung:

- keine verbindlichen Festlegungen zur Wahl der Expositions-Wirkungskurven (%A/HA, %SD/HSD) treffen
- Dies sollte in den konkreten Planungsfällen erfolgen.
- Berechnung des Substitutionspegels auf Basis aller Varianten von Expositions-Wirkungskurven (derzeit: %A, %HA, %SD, %HSD)
- ... um zusätzlich transparent zu machen, dass je nach Zielsetzung und betrachteter Wirkung gegebenenfalls verschiedene Maßnahmenrankings resultieren.

Erkenntnisse zu Interaktion von Tag- und Nachtlärmwirkungen

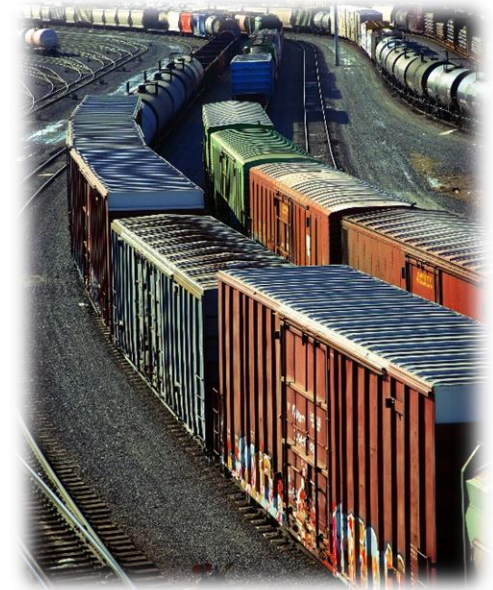
Müller et al., 2010

Schienenverkehrsgeräusche können stärkere Aufwachreaktionen als Luft- oder Straßenverkehrsgeräusche auslösen

Griefahn, 2007

Veränderungen der Schlafstruktur bei Schienenverkehrslärm am meisten ausgeprägt

- Das Störpotenzial der Verkehrsträger unterscheidet sich in Abhängigkeit von der Wirkdimension
- Die Differenz zwischen Tag- und Nachtpegel kann sich je nach Geräuschquellenart unterscheiden



Interaktion von Tag- und Nachtlärmwirkungen

Langfristig:

- Ziel: Sicherstellung einer guten, physiologischen Schlafqualität
- Einführung von Maximalpegelkriterien und hierauf bezogene physiologische Aufwachreaktionen als Kenngrößen in die VDI 3722-2.

Zusätzlich:

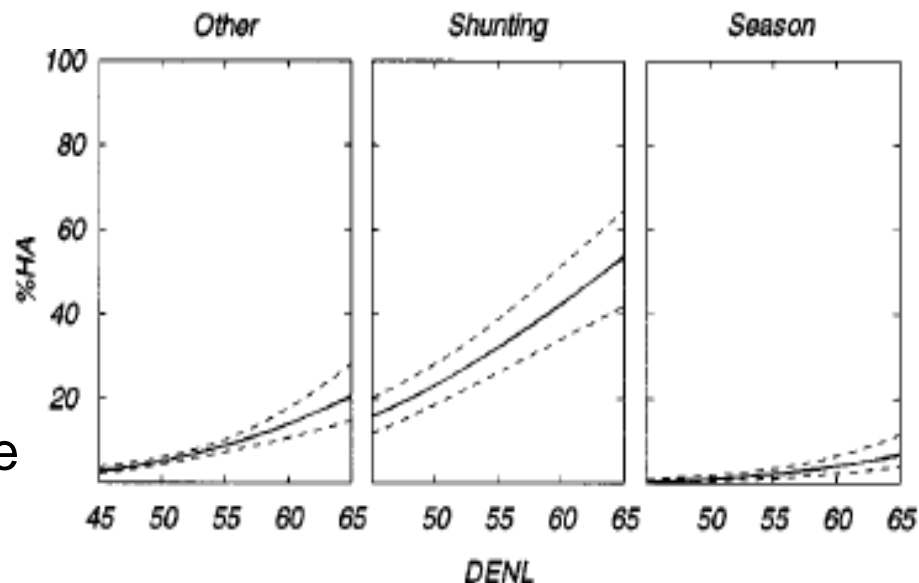
- Beibehaltung des nächtlichen Dauerschallpegels und der Kriterien %SD und %HSD
- Beibehaltung des L_{night} auch, solange Expositions-Wirkungskurven für physiologische Aufwachreaktionen nicht für alle Lärmquellenarten vorliegen.
- Tageszeitlicher Bezug von Maßnahmen und Wahl der Expositions-Wirkungskurven sollten aufeinander bezogen sein.

Erkenntnisse zu Industrie- und Gewerbelärm

Noise annoyance from stationary sources: Relationships with exposure metric day-evening-night level (DENL) and their confidence intervals

Henk M. E. Miedema^{a)} and Henk Vos

- 9 Industriegebiete, 2 Rangierbahnhöfe
- Industrielärm lästiger als Verkehrslärm
- insbesondere Rangierbahnhöfe & ganzjährig aktive Industrie



Einbezug von Industrie- und Gewerbelärm

Für %A und %HA:

- Verwendung der Expositions-Wirkungsfunktionen von Miedema & Vos (2004) zu ganzjährigen Gewerbe-/Industrieanlagen (other industries)

Für %SD und %HSD – und weiteren Gesundheitsfaktoren

- Expositions-Wirkungsfunktionen für Industrie-/Gewerbelärm liegen derzeit noch nicht vor.
- Daher: Ersatzweise Anwendung der Expositions-Wirkungsfunktionen für Straßenverkehrslärm auf Industrie-/Gewerbelärm

Erkenntnisse zu gesundheitlichen Auswirkungen

Greiser & Greiser, 2015

TEXTE
105/2015

**Umgebungs­lärm und
Gesundheit am Beispiel
Bremen**

**Umwelt 
Bundesamt**

- Fall-Kontrollstudie
- Gesamtmortalität und Inzidenz spezifischer Krebserkrankungen
- Risikoanstieg: Leukämie, maligne Lymphome, Brustkrebs der Frau

Berücksichtigung von Gesundheitsschutzaspekten

- Gesamtlärbewertung durch VDI 3722-2 berücksichtigt Belästigung und Schlafstörungen, aber keine Verkehrslärmbedingten Erkrankungen
- Gibt die konventionelle „energetische Summation“ die Gesundheitsrisiken adäquat wieder oder sollte eine epidemiologische Betrachtungsweise vorgezogen werden?

Ziel der Untersuchungen:

- Ermittlung der absoluten Exzess-Risiken bei gegebenen Mittelungspegeln für Fluglärm, Straßen- und Schienenverkehrslärm für Herz-Kreislauf-Erkrankungen und Depressive Erkrankungen

Berücksichtigung von Gesundheitsschutzaspekten

Erwartete Ergebnisse:

- Entwicklung eines Verfahrens, zur Berechnung absoluter Exzessrisiken bei gegebenen Mittelungspegeln
- Für konkrete Expositionsszenarien vergleichend ermitteln, welches Szenario zu der niedrigsten Zahl von Erkrankungsfällen führt
- Ermittlung von Ansatzpunkte für eine Verfeinerung des Berechnungsalgorithmus
- Vergleich mit Regeln, die im Arbeitsschutz bereits etabliert sind („Ampelmodell“)
- „tolerable“ und „akzeptable“ verkehrslärmbezogenen Erkrankungsrisiken

Datengrundlage Gesundheitsschutzaspekte – NOHRA-Studie

- Routinedaten von drei großen gesetzlichen Krankenkassen im Rhein-Main-Gebiet (soweit verfügbar einschließlich Wohnvorgeschichte 1996 bis 2005)
- Einschluss mindestens 40-jähriger Fälle und Kontrollpersonen (insgesamt n= 1.026.658 Personen)
- Adressbezogene Zuordnung von Flug-, Straßenverkehrs- und Schienenverkehrslärm (Dauerschallpegel für 24 h) für das Jahr 2005
- Stationäre und ambulante Neu-Diagnosen 2006 bis 2010
- Outcomes: Herz-Kreislauf-Erkrankungen (Herzinfarkt, Schlaganfall, Herzinsuffizienz/hypertensive Herzkrankheit kombiniert), n=130.945 und Depression (n=77.295)

Erkenntnisse Berücksichtigung von Gesundheitsschutzaspekten

Energetische Summation:

Kombiniertes Risiko von 60 dB Fluglärm + 60 dB Straßenlärm + 60 dB Bahnlärm

- bis zu 8% Anstieg des kardiovaskulären Risikos
- bis zu 24% Anstieg des Depressionsrisikos

Multiplikation Einzelner Risiken:

$R_{R60 \text{ dB Fluglärm}} \times R_{R60 \text{ dB Straßenlärm}} \times R_{R60 \text{ dB Bahnlärm}}$

- bis zu 13% Anstieg des kardiovaskulären Risikos
- bis zu 42% Anstieg des Depressionsrisikos

Abschlag für Fluglärm/ Aufschlag für Bahnlärm§	„Pegeläquivalent“ im Beispiel (3 Quellen á 60 dB)	Risikoanstieg pro 10 dB (95% CI)	AIC-Unterschied	Risikoanstieg im Beispiel (3 Quellen á 60 dB)
Energetische Summation von Fluglärm, Bahnlärm und Straßenverkehrslärm				
Nein	64,8 dB	2,9% (2,0% - 3,8%)	-	7%
5 dB	66,5 dB	2,9% (2,1% - 3,7%)	-7,0	8%
10 dB	70,5 dB	2,7% (1,9% - 3,4%)	-7,7	8%
„Epidemiologische“ Risikomultiplikation				
2,4% Risikoanstieg für alle Verkehrslärm-Quellen angenommen	#100,0 dB	2,1% (1,6% - 2,7%)	-12,0	13%
„Echte“ Risikoschätzer aus den getrennten Modellen*	#98,2 dB	2,1% (1,6% - 2,6%)	-22,1	13%

Risikoanstieg für Herz-Kreislauf-Erkrankungen pro 10 dB Verkehrslärm (Startpunkt: 40 dB)

Erkenntnisse Berücksichtigung von Gesundheitsschutzaspekten

- Multiplikatives Modell weist erheblich bessere Anpassungsgüte auf
- Kardiovaskuläre Risiken, Depressionsrisiken von kombinierten Verkehrslärm-Quellen sind deutlich höher, als die konventionelle energetische Summation
- Lärmschutz kann nicht nur auf der energetische Summation basieren; epidemiologische Risikomultiplikation sollte berücksichtigt werden

Abschlag für Fluglärm/ Aufschlag für Bahnlärm§	„Pegeläquivalent“ im Beispiel (3 Quellen á 60 dB)	Risikoanstieg pro 10 dB (95% CI)	AIC-Unterschied	Risikoanstieg im Beispiel (3 Quellen á 60 dB)
Energetische Summation von Fluglärm, Bahnlärm und Straßenverkehrslärm				
Nein	64,8 dB	4,8% (3,7 – 5,8%)	-	12%
5 dB	67,1 dB	5,7% (4,5% - 6,9%)	+0,2	16%
10 dB	70,8 dB	7,2% (5,7% - 8,7%)	-9,1	24%
„Epidemiologische“ Risikomultiplikation				
5,8% Risikoanstieg für alle Verkehrslärm-Quellen angenommen	#100,0 dB	4,7% (4,0% - 5,3%)	-108,6	32%
„Echte“ Risikoschätzer aus den getrennten Modellen*	#117,6 dB	4,6% (4,0% - 5,2%)	-138,3	42%

Risikoanstieg für Depressionen pro 10 dB Verkehrslärm (Startpunkt: 40 dB)

Fazit und weiteres Vorgehen

- Lärm ist ein gravierendes Umweltproblem, große Teile der Bevölkerung sind betroffen
- Zunehmende Belastung der Bevölkerung durch mehr als eine Geräuschquelle
- Aktuelle Erkenntnisse verdeutlichen die Notwendigkeit die Modelle zur Gesamtlärbewertung weiterzuentwickeln
- Das aktuelle UBA-Forschungsvorhaben hat zum Ziel, eine wirkungs- und praxisgerechte Bewertung des Gesamtlärms zu entwickeln

Weitere Schritte:

- Abschluss der Betrachtung von Gesundheitsschutzaspekten
- Erarbeitung eines Finanzierungsmodells
- Weiterentwicklung der rechtlichen Regelungen
- Qualitätssicherung des Berechnungsverfahrens
- Abschluss und Veröffentlichung Frühjahr 2019

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Julia Müller

Fachgebiet I 3.4

„Lärminderung bei Anlagen und Produkten,
Lärmwirkung“

julia.mueller@uba.de

www.uba.de

Herz-Kreislauf-Erkrankungen (HKE)	Fälle	Kontrollen	Odds Ratio	
24 Std.-Dauerschallpegel				
<40dB Verkehrslärm, max. Fluglärm <50dB	7.682	35.057	1,00	-
≥40dB mindestens eine Verkehrslärm-Quelle oder nächtlicher Maximalpegel Fluglärm ≥50dB	51.897	243.301	1,03	1,00-1,06
≥50dB Fluglärm, andere Lärmarten <50dB	3.203	15.428	0,95	0,90-1,00
≥50dB Straßenverkehrslärm, andere Lärmarten <50dB	41.544	185.502	1,05	1,02-1,08
≥50dB Schienenlärm, andere Lärmarten <50dB	10.288	44.365	1,05	1,01-1,09
≥50dB Fluglärm und ≥50dB Straßenverkehrslärm	3.365	15.772	1,02	0,97-1,07
≥50dB Fluglärm und ≥50dB Schienenverkehrslärm	1.626	6.280	1,09	1,02-1,16
≥50dB Straßen- und ≥50dB Schienenverkehrslärm	9.555	42.371	1,08	1,04-1,12
≥50dB Fluglärm und ≥50dB Straßenverkehrslärm und ≥50dB Schienenverkehrslärm	1.785	8.544	1,04	0,98-1,11

Depressionen	Fälle	Kontrollen	Odds Ratio
24 Std.-Dauerschallpegel			
<40dB Verkehrslärm, max. Fluglärm <50dB	3.994	33.632	1,00 -
≥40dB mindestens eine Verkehrslärm-Quelle oder nächtlicher Maximalpegel Fluglärm ≥50dB	29.408	225.394	1,09 1,05-1,13
≥50dB Fluglärm, andere Lärmarten <50dB	2.092	15.428	1,15 1,08-1,22
≥50dB Straßenverkehrslärm, andere Lärmarten <50dB	25.227	185.502	1,12 1,08-1,16
≥50dB Schienenlärm, andere Lärmarten <50dB	5.737	44.365	1,08 1,04-1,13
≥50dB Fluglärm und ≥50dB Straßenverkehrslärm	2.073	15.772	1,12 1,06-1,19
≥50dB Fluglärm und ≥50dB Schienenverkehrslärm	1.076	6.280	1,28 1,19-1,38
≥50dB Straßen- und ≥50dB Schienenverkehrslärm	6.280	42.371	1,21 1,16-1,26
≥50dB Fluglärm und ≥50dB Straßenverkehrslärm und ≥50dB Schienenverkehrslärm	1.408	8.544	1,42 1,33-1,52

Risiko einer **HKE** pro 10 dB Verkehrslärmanstieg (Startpunkt: 40 dB)

Quelle des Verkehrslärms	Exposition	Risikoanstieg (OR) pro 10 dB	95% KI
Fluglärm	$L_{Aeq,24h}$	1,0%	-0,8 – 2,8%
Straßenlärm	$L_{Aeq,24h}$	2,4%	1,6 – 3,3%
Schienenlärm	$L_{Aeq,24h}$	3,6%	2,4 – 4,7%

Risiko einer **Depression** pro 10 dB Verkehrslärmanstieg (Startpunkt: 40 dB)

Quelle des Verkehrslärms	Exposition	Risikoanstieg (OR) pro 10 dB	95% KI
Fluglärm	$L_{Aeq,24h}$	13,0%	10,7 – 15,4%
Straßenlärm	$L_{Aeq,24h}$	4,1%	3,1 – 5,0%
Schienenlärm	$L_{Aeq,24h}$	5,8%	4,5 – 7,1%

Risikoanstieg für **Herz-Kreislauf-Erkrankungen** pro 10 dB Verkehrslärm (Startpunkt: 40 dB)

Abschlag für Fluglärm/ Aufschlag für Bahnlärm§	„Pegeläquivalent“ im Beispiel (3 Quellen á 60 dB)	Risikoanstieg pro 10 dB (95% CI)	AIC-Unterschied	Risikoanstieg im Beispiel (3 Quellen á 60 dB)
Energetische Summation von Fluglärm, Bahnlärm und Straßenverkehrslärm				
Nein	64,8 dB	2,9% (2,0% - 3,8%)	-	7%
5 dB	66,5 dB	2,9% (2,1% - 3,7%)	-7,0	8%
10 dB	70,5 dB	2,7% (1,9% - 3,4%)	-7,7	8%
„Epidemiologische“ Risikomultiplikation				
2,4% Risikoanstieg für alle Verkehrslärm-Quellen angenommen	#100,0 dB	2,1% (1,6% - 2,7%)	-12,0	13%
„Echte“ Risikoschätzer aus den getrennten Modellen*	#98,2 dB	2,1% (1,6% - 2,6%)	-22,1	13%

§ „Abschlag“ bzw. „Aufschlag“ auf den Lärmpegel von 5 oder 10 dB

* 1,0% Risikoanstieg pro 10 dB für Fluglärm, 2,4% für Straßenlärm und 3,6% für Bahnlärm

Fiktives „Pegeläquivalent“ = Lärmpegel, der im multiplikativen Modell das gleiche Herz-Kreislauf-Risiko aufweisen würde wie die Kombination der 3 einzelnen Verkehrslärm-Quellen

Risikoanstieg für **Depressionen** pro 10 dB Verkehrslärm (Startpunkt: 40 dB)

Abschlag für Fluglärm/ Aufschlag für Bahnlärm§	„Pegeläquivalent“ im Beispiel (3 Quellen á 60 dB)	Risikoanstieg pro 10 dB (95% CI)	AIC-Unterschied	Risikoanstieg im Beispiel (3 Quellen á 60 dB)
Energetische Summation von Fluglärm, Bahnlärm und Straßenverkehrslärm				
Nein	64,8 dB	4,8% (3,7 – 5,8%)	-	12%
5 dB	67,1 dB	5,7% (4,5% - 6,9%)	+0,2	16%
10 dB	70,8 dB	7,2% (5,7% - 8,7%)	-9,1	24%
„Epidemiologische“ Risikomultiplikation				
5,8% Risikoanstieg für alle Verkehrslärm-Quellen angenommen	#100,0 dB	4,7% (4,0% - 5,3%)	-108,6	32%
„Echte“ Risikoschätzer aus den getrennten Modellen*	#117,6 dB	4,6% (4,0% - 5,2%)	-138,3	42%

§ „Abschlag“ bzw. „Aufschlag“ auf den Lärmpegel von 5 oder 10 dB

* 13,0% Risikoanstieg pro 10 dB für Fluglärm, 4,1% für Straßenlärm und 5,8% für Bahnlärm

Fiktives „Pegeläquivalent“ = Lärmpegel, der im multiplikativen Modell das gleiche Depressionsrisiko aufweisen würde wie die Kombination der 3 einzelnen Verkehrslärm-Quellen