

Zum aktuellen Stand der Lärmwirkungsforschung

Flugverkehr und Umwelt, Fakten – Chancen – Risiken
Fortbildungsveranstaltung der Bundesvereinigung gegen Fluglärm e.V.
17./18.04.2026, Frankfurt/Main

Dirk Schreckenberg

ZEUS GmbH, Zentrum für angewandte Psychologie,
Umwelt und Sozialforschung
58093 Hagen

Warum

"aktueller Stand der Lärmwirkungs- forschung"

- Frage relevant in Bezug auf Fluglärm
- Entwicklung des Luftverkehrs und der Fluglärmbelastung in Europa und Deutschland
- 2. Evaluation des 2007 novellierten Fluglärmgesetzes steht an.
- Seit der Novellierung 2007 und seit der 1. Evaluation 2017 (2019) gibt es weitere Entwicklungen und Erkenntnisse in der Lärmwirkungsforschung ...
- ... die für die Beurteilung des FlulärmG relevant sind

Gesundheits- bezogene Lärmwirkungen

Aurale Effekte

- Hörschäden

bei
Umgebungsärm
nicht zu erwarten



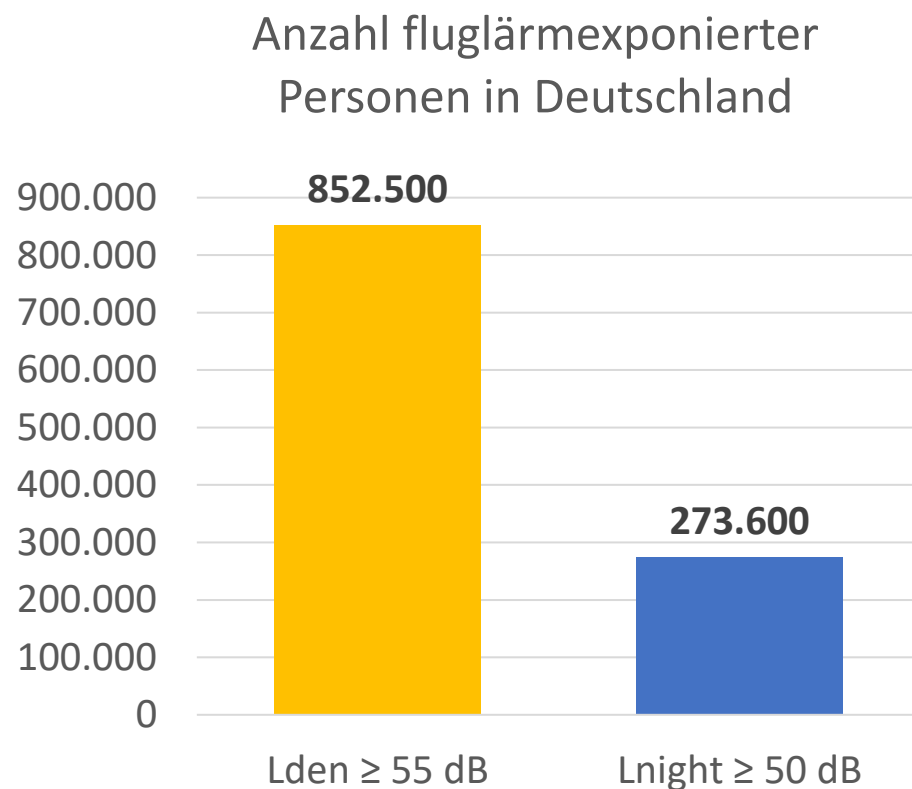
Extra-aurale Effekte

- stressbezogene Effekte
außerhalb des Hörsystems



M. Basner, W. Babisch, A. Davis, M. Brink,
C. Clark, S. Janssen, S. Stansfeld: Auditory and non-auditory effects of noise on health.
The Lancet 383 (2014) 1325–1332.

Betroffenheit durch Fluglärm nach Berechnungen der EEA 2025



Fluglärmbedingte Gesundheitsbeeinträchtigungen	oberhalb EU Lärmkartierungsgrenzen 55 dB Lden, 50 dB Lnight	oberhalb WHO-Leitlinienwerte: 45 dB Lden, 40 dB Lnight
Mortalität pro Jahr		
Deutschland	200	960
Frankreich	200	600
Italien	40	300
DALYs pro 100.000 Ew. pro Jahr (verlorene gesunde Lebensjahre)		
Deutschland	0	30
Frankreich	0	20
Italien	0	15

Abgrenzung der Lärmschutzbereiche durch akustische Kenngrößen (§2, Abs. 2 FlulärmG)

Lärm- schutz- bereiche	Metrik	Zivile Flugplätze	
		Neue/wesentlich baulich erweiterte Flugplätze	Bestehende Flugplätze
Tag-Schutz- zone 1 (6-22 Uhr)	$L_{Aeq,Tag}$	60 dB	65 dB
Tag-Schutz- zone 2 (6-22 Uhr)	$L_{Aeq,Tag}$	55 dB	60 dB
Nacht- Schutzzone (22-6 Uhr)	$L_{Aeq,Nacht}$	50 dB	55 dB
	L_{Amax}	6 * 53 dB (innen) [6 * 68 dB (außen)]	6 * 57 dB (innen) [6 * 72 dB (außen)]

Abgrenzung der Lärmschutzbereiche durch akustische Kenngrößen (§2, Abs. 2 FlulärmG)

Lärm- schutz- bereiche	Metrik	Zivile Flugplätze		Militärische Flugplätze	
		Neue/wesentlich baulich erweiterte Flugplätze	Bestehende Flugplätze	Neue/wesentlich baulich erweiterte Flugplätze	Bestehende Flugplätze
Tag-Schutz- zone 1 (6-22 Uhr)	$L_{Aeq,Tag}$	60 dB	65 dB	63 dB	68 dB
Tag-Schutz- zone 2 (6-22 Uhr)	$L_{Aeq,Tag}$	55 dB	60 dB	58 dB	63 dB
Nacht- Schutzzone (22-6 Uhr)	$L_{Aeq,Nacht}$	50 dB	55 dB	50 dB	55 dB
	L_{Amax}	6 * 53 dB (innen) [6 * 68 dB (außen)]	6 * 57 dB (innen) [6 * 72 dB (außen)]	6 * 53 dB (innen) [6 * 68 dB (außen)]	6 * 57 dB (innen) [6 * 72 dB (außen)]

Abgrenzung der Lärmschutzbereiche durch akustische Kenngrößen (§2, Abs. 2 FlulärmG)

Lärm-schutz-bereiche	Metrik	Zivile Flugplätze		Militärische Flugplätze	
		Neue/wesentlich baulich erweiterte Flugplätze	Bestehende Flugplätze	Neue/wesentlich baulich erweiterte Flugplätze	Bestehende Flugplätze
Tag-Schutzzone 1 (6-22 Uhr)	$L_{Aeq,Tag}$	60 dB	65 dB	63 dB	68 dB
Tag-Schutzzone 2 (6-22 Uhr)	$L_{Aeq,Tag}$				63 dB
Nacht-Schutzzone (22-6 Uhr)	$L_{Aeq,Nacht}$				55 dB
	L_{Amax}			65 dB (innen) [6 * 72 dB (außen)]	6 * 57 dB (innen) [6 * 72 dB (außen)]

Evaluation des FlulärmG (§2, Abs. 3):

Die Bundesregierung erstattet spätestens im Jahre 2017 und spätestens **nach Ablauf von jeweils weiteren zehn Jahren** dem Deutschen Bundestag **Bericht**

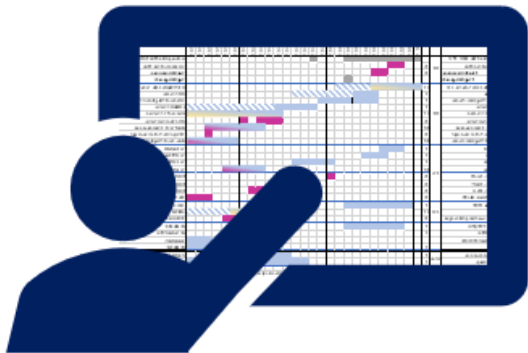
- über die **Überprüfung** der in Absatz 2 genannten Werte
- unter Berücksichtigung des **Standes der Lärmwirkungsforschung** und der **Luftfahrttechnik**.

Reviews, Labor- und Feldstudien zur Fluglärm- wirkung im Zeitverlauf

			2000 - 2009							2010 - 2019							2019 - 2025												
			< 2000	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017		2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Ausbaupläne FRA, ROV, PFV																													Ausbaupläne FRA, ROV, PFV
Einzelgutachten FRA	DE	R																											Einzelgutachten FRA
Fluglärmsynopse		R																										Fluglärmsynopse	
Fluglärmgesetz		R																										Fluglärmgesetz	
DLR STRAIN CGN, Schutzk. LEJ	DE	LF																										DLR STRAIN CGN, Schutzk. LEJ	
RDF-Studie		F																											RDF-Studie
CGN-Nachtfluglärm-Studie		F																											CGN-Nachtfluglärm-St.
NORAH-Studie		F																											NORAH-Studie
Mainzer FL-Studien	DE	LF																											Mainzer FL-Studien
BDL-Literaturstudie		R																											BDL-Literaturstudie
UBA Psych. Erkrankungen		RF																											UBA Psych. Erkrankungen
FLK Update+Schutzkonzept		R																											FLK Update+Schutzkonzept
UBA - Nachtfluglärmstudie		RF																											UBA - Nachtfluglärmstudie
EU RANCH		F																											EU RANCH
EU HYENA		F																											EU HYENA
EU COSMA		F																											EU COSMA
EU ANIMA		RF																											EU ANIMA
WHO 2009 - Nacht	EU	R																											WHO 2009 - Nacht
WHO 2011 - DALY		R																											WHO 2011 - DALY
WHO 2018 - ENG		R																											WHO 2018 - ENG
EEA 2025 Noise Health		R																											EEA 2025 Noise Health
Lärmstudie 2000		F																											Lärmstudie 2000
SIRENE	CH	LF																											SIRENE
EKLB Grenzwertempfehlungen		R																											EKLB Grenzwertempfehlungen
UK ANASE 2003/04		F																											UK ANASE
UK SoNA 2014		F																											UK SoNA 2014
UK CAA ANAS 2023/24		F																											CAA ANAS
UK ANNE		F																											UK ANNE
USA NES Annoyance	USA	F																											USA NES Annoyance
USA FAA Sleep		F																											USA FAA Sleep

F = Feldstudie L = Laborstudie R = Review (Literaturanalyse), Guidelines weiterführende Re-Analysen, Publikationen

Was hat sich seit der "Fluglärm-synopse" in der Lärmwirkungs-forschung getan?



- Weiterentwicklung der Forschung zu **physiologischen fluglärmbedingten AWR**
 - Fokus weiterhin auf akute, ereignisbezogene Wirkungen
 - PSG als Goldstandard, neue (vereinfachte) Erfassungsmethoden für größere Stichproben
- Die **Erfassung der Lärmbelastigung** wurde international standardisiert.
- International: "Boost" in epidemiologischer Forschung zu lärmbedingten **Erkrankungsrisiken**.
- Experimentelle Studien zu den **Mechanismen der Lärmwirkungen** auf **Hirnstrukturen, Gefäß-/Herzkreislaufsystem und metabolische System**
 - immunsuppressive und herzstruktur- und funktionsverändernde Wirkung des Lärms
- Nächtliche Lärmwirkung:

Verlagerung von akuten Wirkungen auf den Schlaf



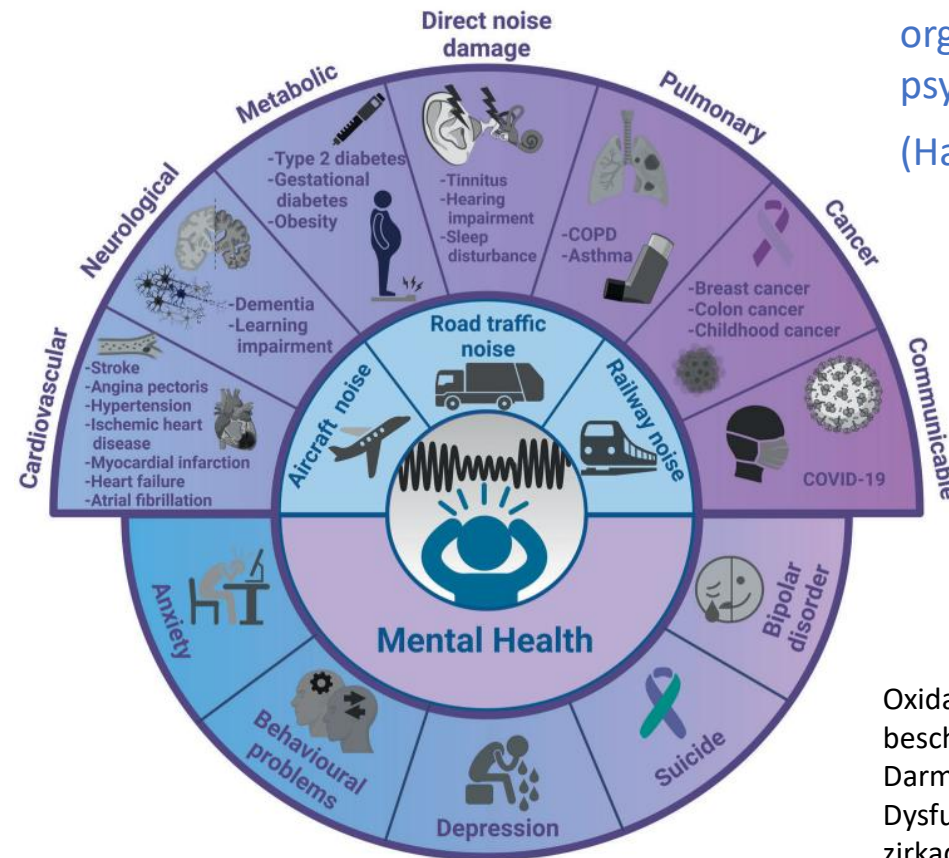
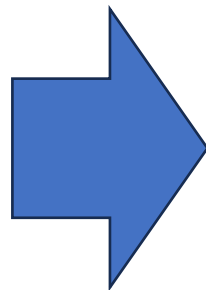
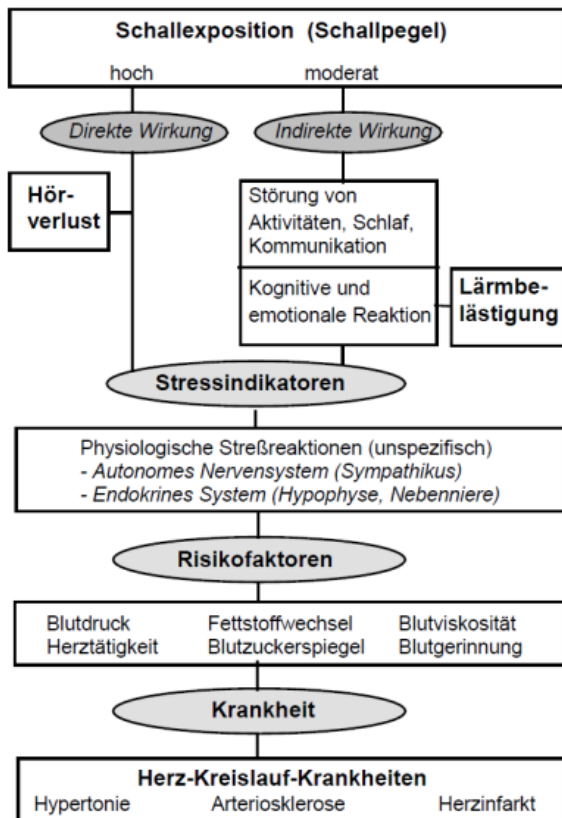
akute Wirkungen während des Schlafs

Langzeitwirkung lärmbedingter Schlafstörungen

- **Systematisierung der Zusammenführung von Ergebnissen – Empfehlungen/Guidelines:**
 - WHO Guidelines und -berichte: 2009, 2011, 2018 und systematische Reviews
 - Neue methodische Standards zur Systematisierung von Reviews und Meta-Analysen
 - Ziel: Quantifizierbarkeit der Evidenz, Nachvollziehbarkeit und Replizierbarkeit

Lärmwirkungsmodelle

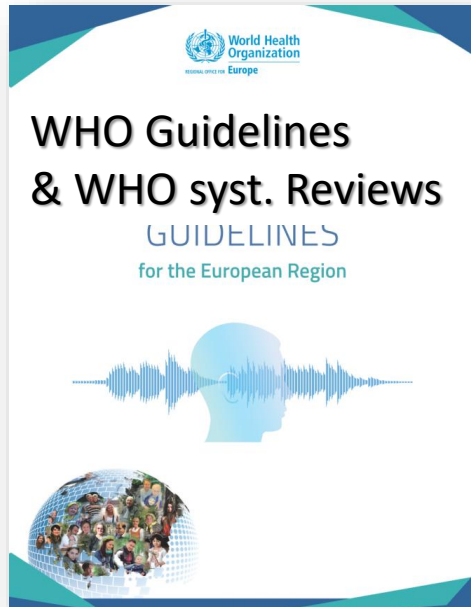
Lärmwirkungsschema
(Babisch, 2000)



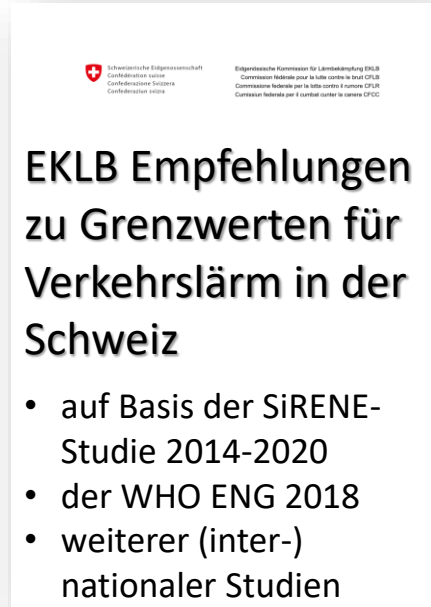
Lärmwirkung auf verschiedene organische Systeme und die psychische Gesundheit
(Hahad et al., 2025)

Oxidativer Stress, Inflammation → beschleunigte Zellalterung, Veränderungen im Darmmikrobiom, zerebrovaskuläre Dysfunktion, metabolische Veränderungen, zirkadiane Dysregulation, Neuroinflammation

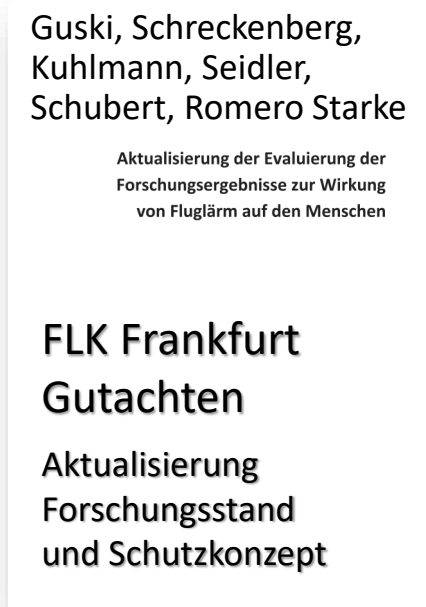
Dokumentationen zu neueren Erkenntnissen der Lärmwirkungsforschung



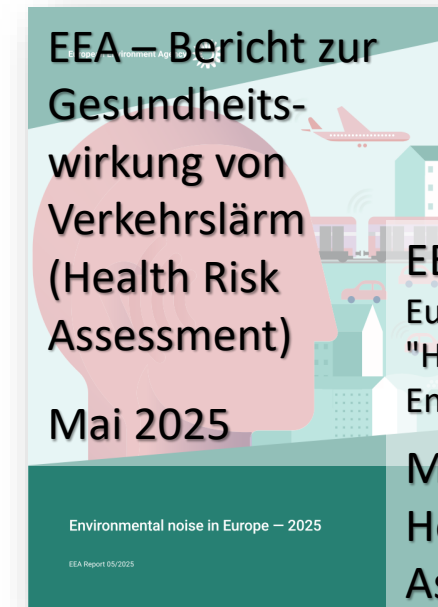
Erschienen: 2018
Forschungsstand: bis 2014/15



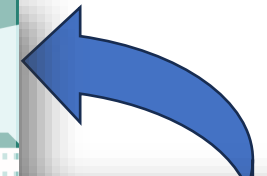
Erschienen: 2021
Forschungsstand: bis 2020



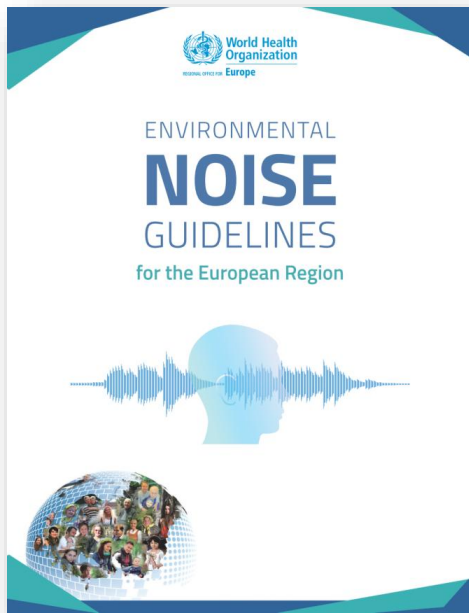
Erschienen: 2023/24
Forschungsstand: bis 02/2023



Erschienen: 2024 / 2025
Forschungsstand: bis 05/2023



Prozess der Entwicklung der WHO Environmental Noise Guidelines 2018



Systematic Review Team:

- WHO Evidenz-Reviews
- Bewertung Evidenzqualität

Systematic review



Meta-analysis



Exposure-Effect relationship



Guideline Development Group

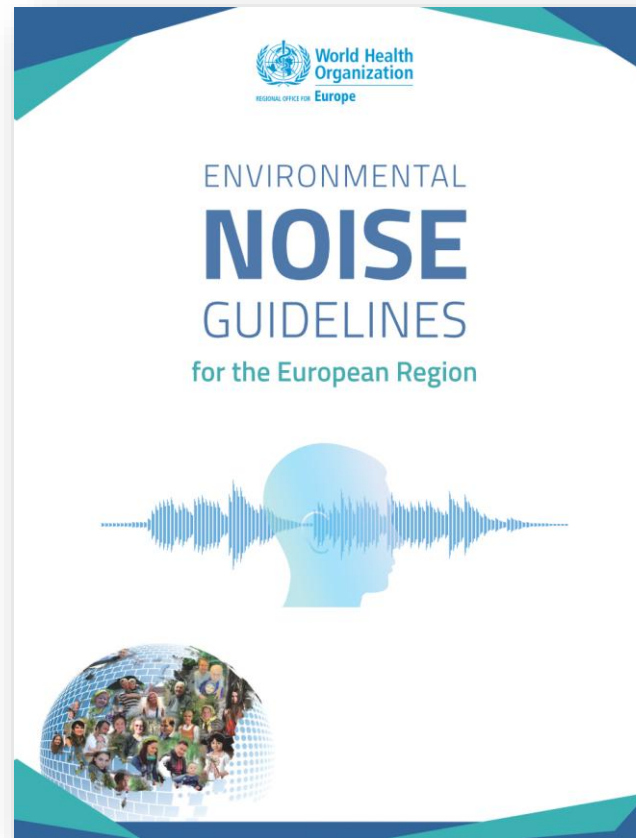
- Festlegung relevanter Gesundheitsrisiken (Schwellen der [Nicht-] Akzeptanz)
- "Übersetzung" in dB-Werte auf Basis der Expositions-Wirkungsbeziehungen
- Ableitung der Leitlinien-Empfehlungen



WHO Environmental Noise Guidelines 2018

Entscheidende Gesundheitswirkungen

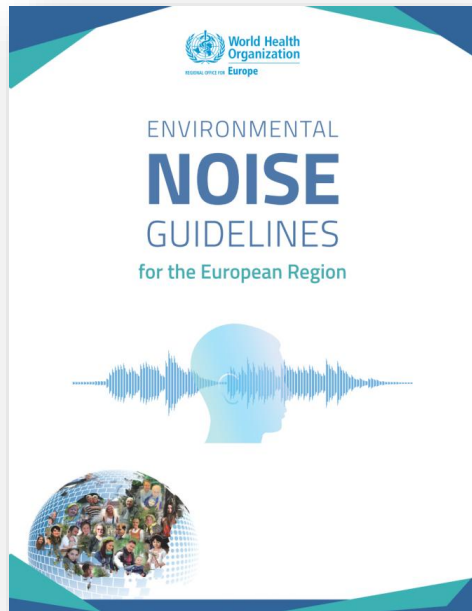
- Belästigung
- Schlafstörungen
- Herz-Kreislauf-Erkrankungen
- Beeinträchtigung kognitiver Leistung
- Hörschäden, Tinnitus








Wichtige Gesundheitswirkungen

- Diabetes, Stoffwechselerkrankungen
- Lebensqualität, Wohlbefinden, psych. Erkrankungen
- Negative Auswirkungen auf Schwangerschaft, Geburt

Guideline-Werte der WHO ENG 2018



Gesundheits- wirkung	Richtwert (Risiko- anstieg)										
		L_{den}	L_{night}	L_{den}	L_{night}	L_{den}	L_{night}	L_{den}	L_{night}	$L_{Aeq,24h}$	L_{night}
Inzidenz ischämischer Herzkrankheiten	5% (relativ)	59.3	--	--	--	52.6	--	--	--	--	--
% hoch schlafgestörter Personen (% HSD)	3% (absolut)	--	45.4	--	43.7		40*	--	--	--	--
% hoch belästigter Personen (% HA)	10% (absolut)	53.3	--	53.7	--	45.4	--	45	--	--	--
Permanente Hörschäden/Tinnitus	kein Risikoanstieg	--	--	--	--	--	--	--	--	70	--
kognitive Beeinträchtigung	1 Monat Verzögerung	--	--	--	--	55	--	--	--	--	--
Leitlinienwert in dB (gerundet)		53	45	54	44	45	40	45	--	70	--
"Empfehlungsstärke"		stark		stark		stark		bedingt		bedingt	

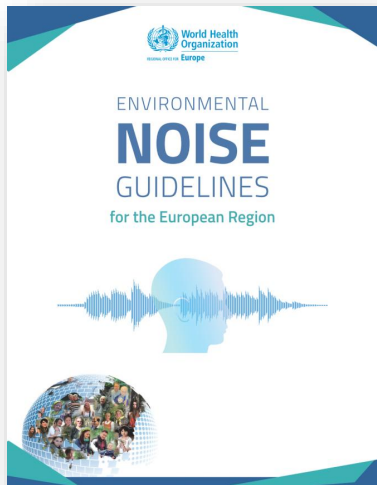
EEA - Gesundheitseffekte von Verkehrslärm



Prüfung Forschungsstand

Expositions-Wirkungsfunktion

Hochrechnung auf EU und europ. Freihandelszone



- Übernahme von %HA, %HSD aus WHO
- "Umbrella+ Review"
 - Review von Reviews + aktueller Originalarbeiten

Table 1.1: Overview of the proposed ERFs and outcomes to be used in an EU-wide HRA

Outcome	Source	ERF	Reference
High noise annoyance (prevalence in adults)	Road	%HA = 78.9270 - 3.1162 · L _{den} + 0.0342 · L _{den} ²	Guski et al. (2017)
	Railway	%HA = 38.1596 - 2.05538 · L _{den} + 0.0285 · L _{den} ²	Guski et al. (2017)
	Aircraft	%HA = -50.9693 + 1.0168 · L _{den} + 0.0072 · L _{den} ²	Guski et al. (2017)
	Industry	%HA = 1-normal(72 - (-126.52 + (L _{den} · (2.49)))/sqrt(2054.43))	Miedema and Vos (2004)
High sleep disturbance (prevalence in adults)	Road	%HSD = 19.4312 - 0.9336 · L _{night} + 0.0126 · L _{night} ²	Basner and McGuire (2018)
	Railway	Railway: %HSD = 67.5406 - 3.1852 · L _{night} + 0.0391 · L _{night} ²	Basner and McGuire (2018)
	Aircraft	%HSD = 16.7885 - 0.9293 · L _{night} + 0.0198 · L _{night} ²	Basner and McGuire (2018)
	Industry	%HSD = 1-normal(72 - (-90.70 + (L _{night} · (1.80)))/sqrt(1,789 + 272))	Miedema and Vos (2007)
All-cause mortality (adults)	Road, rail and aircraft	Relative risk (RR) derived from road noise RR=1.055 (95%-CI: 1.014-1.069) per 10 dB L _{den}	Meta-analyses Chapter 3.3.1
Cardiovascular disease (incidence in adults)	Road, rail and aircraft	Relative risk (RR) derived from road noise RR=1.032 (95%-CI: 1.012-1.052) per 10 dB L _{den}	Meta-analyses Chapter 3.3.2
Diabetes (incidence in adults)	Road, rail and aircraft	Relative risk (RR) derived from road noise RR=1.062 (95%-CI: 1.036-1.088) per 10 dB L _{den}	Meta-analyses Chapter 3.3.3
Reading Comprehension (prevalence in children)	Aircraft	1/(1 + exp(- (ln(0.1/0.9) + (ln(1.38)/10 · (L _{den} - 50)))) if L _{den} ≥ 50 dB and 0.1 if L _{den} < 50 dB	Clark et al. (2006) and van Kempen (2008)

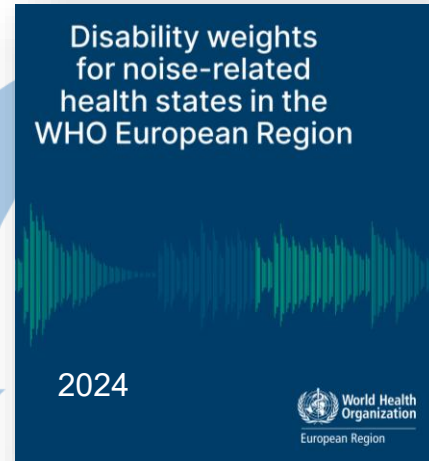
$$AF_{tot} = \sum_{i=1}^n AF_{N_i} = \sum_{i=1}^n \frac{p_i \cdot (RR[N_i] - 1)}{p_i \cdot (RR[N_i] - 1) + 1}$$

$$AF_{tot} = \sum_{i=1}^n p_i \cdot ERF_{N_i}$$

$$YLD = DW \cdot AF_{tot} \cdot C_o$$

$$YLL = YLL_{nat} \cdot AF_{tot}$$

$$DALY = YLL + YLD$$



Anzahl Personen, die ... sind lärmbedingt vorzeitig verstorben lärmbedingt erkrankt

DALY = durch Mortalität + Morbidität verlorene Lebensjahre

EEA 2025: Environmental noise in Europe



Gesundheitsfolgen durch Verkehrslärm in Europa in Gebieten mit $L_{den} \geq 55$ dB(A) bzw. $L_{night} \geq 50$ dB(A)

Effekt	Population	Straße N	Schiene N	Flug N	Gesamt N	Gesamt DALY
Hochgr. Belästigung	Erwachsene	13,3 Mio	2,9 Mio	690.500	16,9 Mio	185.700
Hgr. Schlafstörung	Erwachsene	3,2 Mio	1,3 Mio	150.000	4,6 Mio	46.200
Vorzeitiger Todesfall	Erwachsene	53.800	11.100	700	65.600	1,1 Mio
Herz/Kreisl.- Erkrankung	Erwachsene	40.900	8.600	600	50.100	32.600
Diabetes	Erwachsene	18.500	3.600	200	22.300	41.300
Depression	Erwachsene	245.600	50.300	3.700	299.600	47.600
Demenz	Erwachsene	14.800	3.600	250	18.650	75.400
Verhaltensprobleme	Kinder	52.800	9.700	700	63.200	--
Leseschwäche	Kinder	472.300	83.600	8.500	564.400	--
Übergewicht	Kinder	222.000	46.400	3.300	271.700	--

Guski et al. (2023/24)

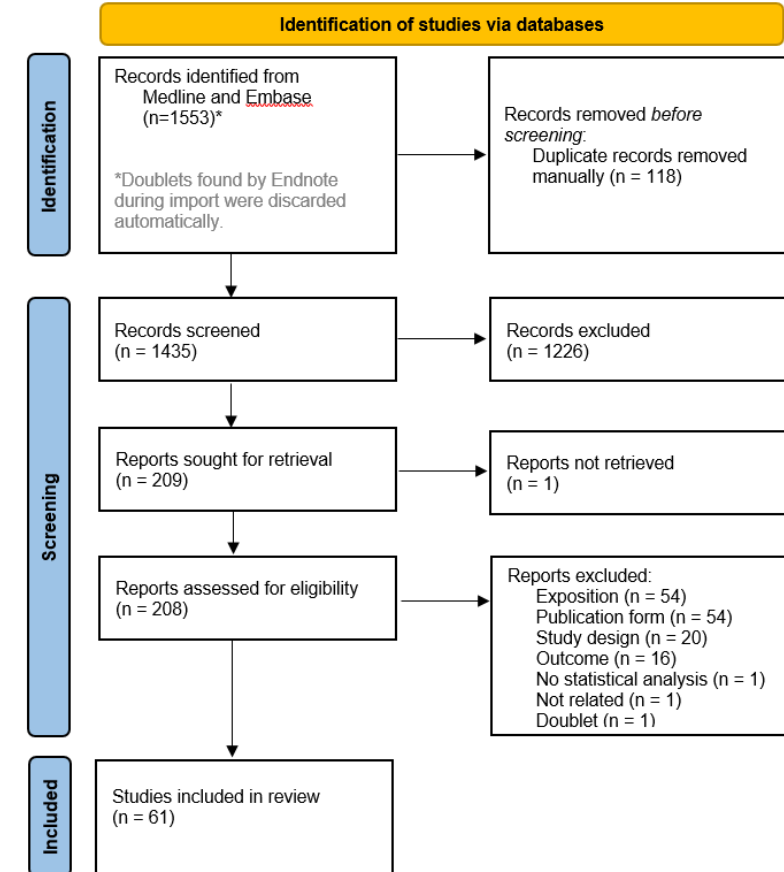
Gutachten

Aktualisierung der Evaluierung der
Forschungsergebnisse zur Wirkung
von Fluglärm auf den Menschen



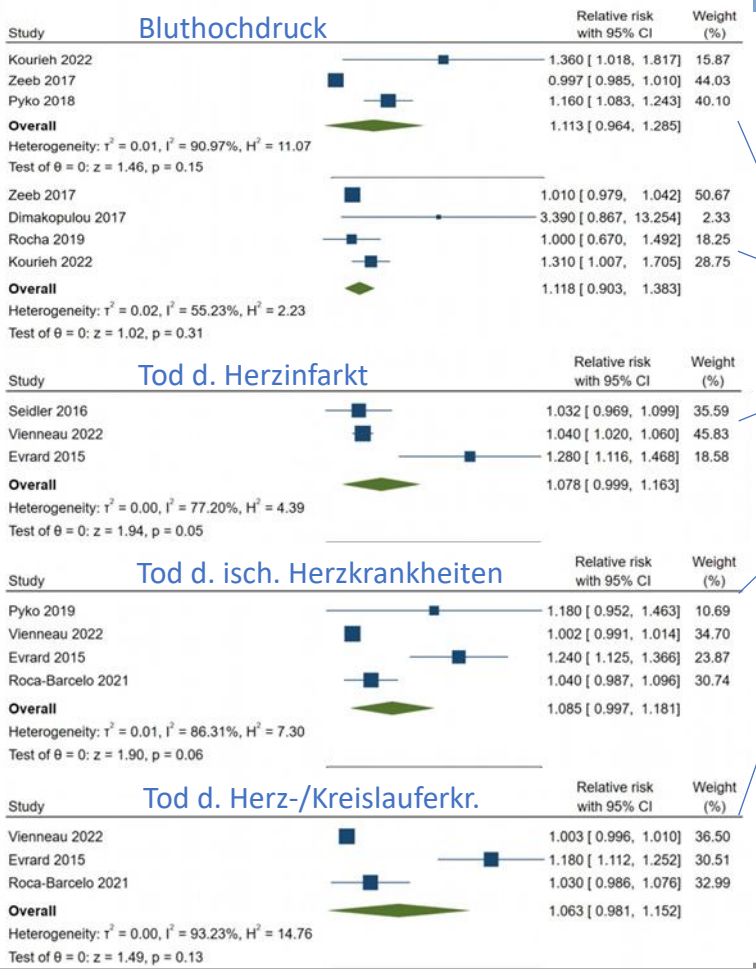
Rainer Guski
Dirk Schreckenberg
Julia Kuhlmann
Andreas Seidler
Melanie Schubert
Karla Romero Starke

- **Literaturanalyse** zur Beantwortung der Forschungsfrage zu Fluglärm-expositions-Outcome-Beziehungen
- **Literatursuche (01.01.2015-03.02.2023)** in den elektronischen Datenbanken Medline (via Pubmed) und Embase (via Ovid); Einbezug deutsch- und englischsprachiger Publikationen
- **Meta-Analysen zur Bildung gepoolter Risikoschätzer** (Voraussetzung: mindestens 3 eingeschlossene Primärstudien)

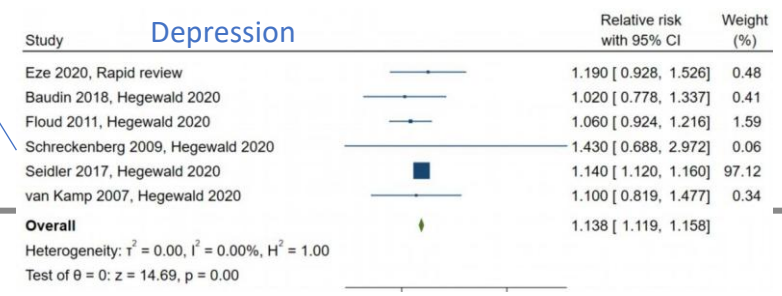




61 von 1.553 recherchierten Studien geeignet und analysiert
 3 - 4 Studien je Gesundheitswirkung in Meta-Analyse verwendet
 19 Studien in Meta-Analyse zur Lärmbelastigung verwendet

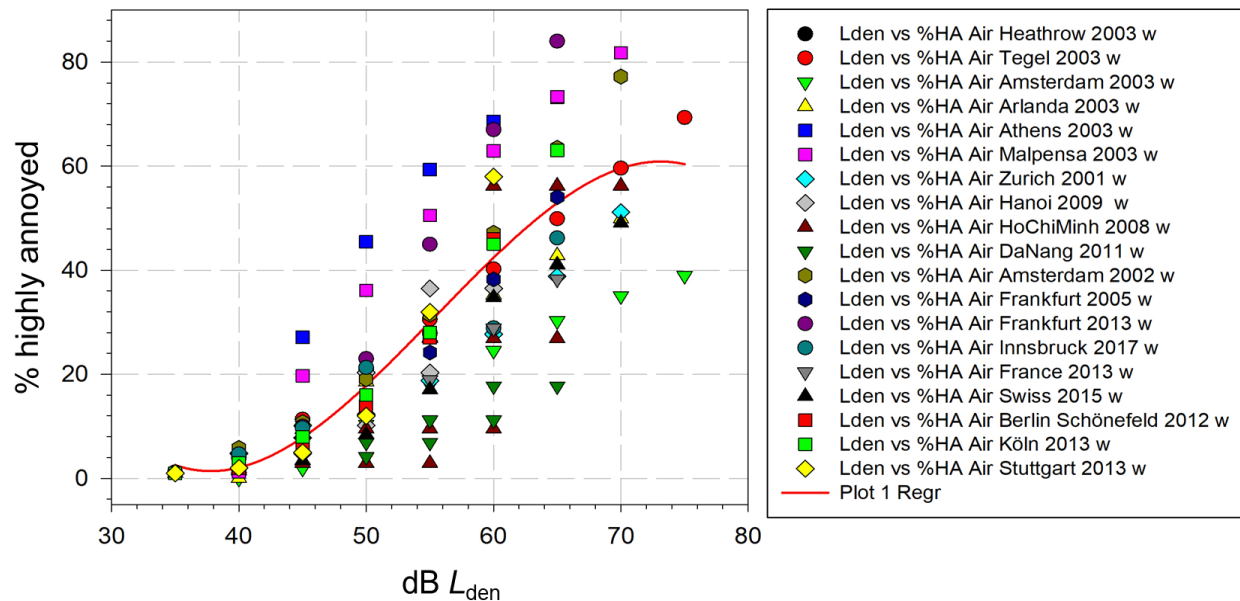


Gesundheitswirkung	Studien in Meta-Analyse	Fluglärm	Relativer Risikoanstieg pro 10 dB(A) Fluglärmpegelanstieg
Bluthochdruck	3	L_{den}	11,3%
	4	L_{night}	11,8%
Tod durch Herzinfarkt	3	L_{den}	7,8%
Tod d. ischämische Herzkrankheiten	4	L_{den}	8,5%
Tod d. Herz-/Kreislaufkrankungen	3	L_{den}	6,3%
Depression	6	L_{den}	13,8%

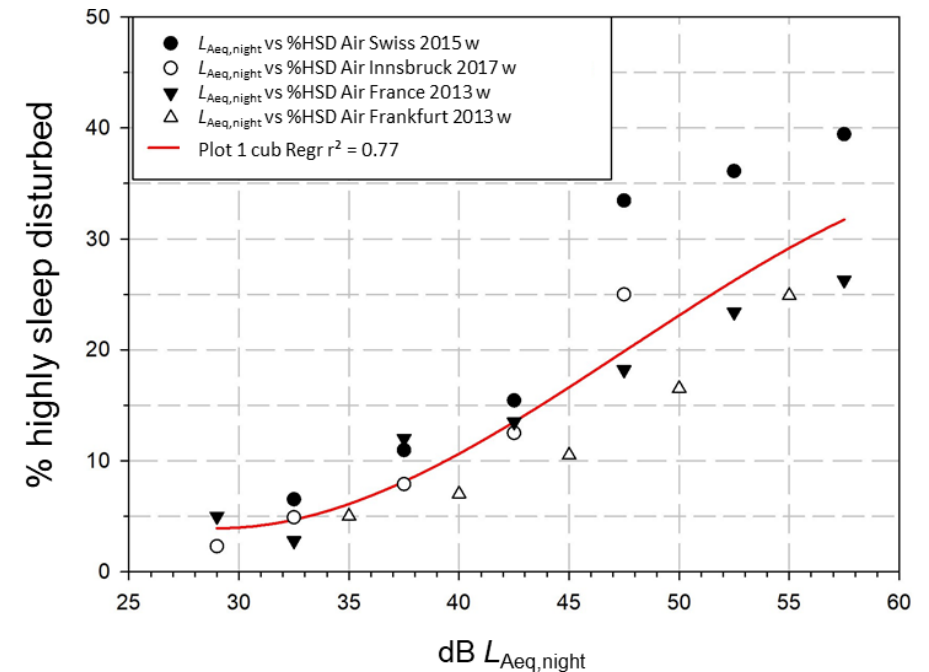


Lärmbelästigung und Schlafgestörtheit durch Fluglärm (Guski et al., 2023/24)

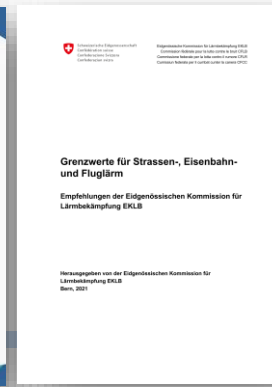
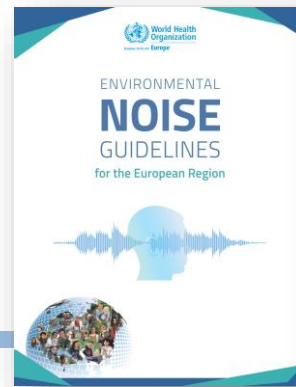
%-Anteil durch Fluglärm hoch belastigter
Personen pro L_{den} -Pegel
(19 Studien)



%-Anteil durch Fluglärm hoch schlafgestörter
Personen pro L_{night} -Pegel
(4 Studien)

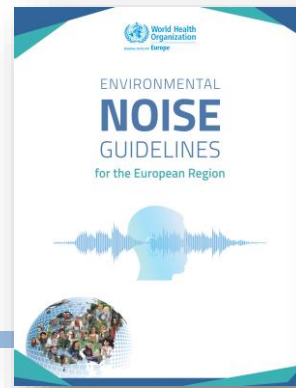


Schutz- konzepte



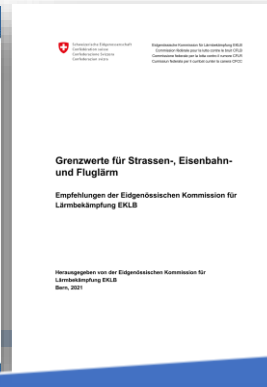
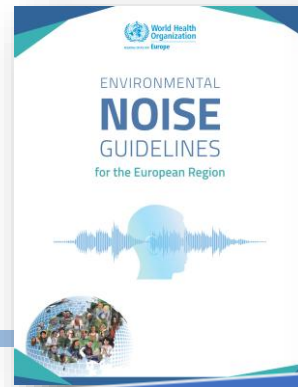
Endpunkte	Schweregrad		Grenzen akzeptierter Gesundheitsrisiken			
	Disability Weight (DW)	Quelle	WHO 2018	EKLB 2021	Guski 2024	
					R1	R2
Kardiovaskuläre Mortalität	1.000	per definitionem	--	2.5%	2.0%	5.0%
IHD (Ischämische Herzkrankheiten)	0.405	WHO 2011	5.0%	5.0%		
Depression	0.145-0.658	Porst et al. / Guski et al. 2023	--	--	5.0%	10.0%
Diabetes (Inzidenz)	0.049	GBD 2019	--	20.0%	--	--
HSD (starke lärminduzierte Schlafstörung)	0.070	WHO 2011	3.0% (11%)	15.0%	3.0%	15.0%
HA (starke Belästigung)	0.020	WHO 2011	10.0%	25.0%	10.0%	25.0%

Schutz- konzepte



Endpunkte	Schweregrad		Grenzen akzeptierter Gesundheitsrisiken				=>	Schwellenwerte in dB(A)			
	Disability Weight (DW)	Quelle	WHO 2018	EKLb 2021	Guski 2024		Metrik	WHO 2018	EKLb 2021	Guski 2024	
					R1	R2				R1	R2
Kardiovaskuläre Mortalität	1.000	per definitionem	--	2.5%	2.0%	5.0%	Lden	--	54.3	50.0	54.0
IHD (Ischämische Herzkrankheiten)	0.405	WHO 2011	5.0%	5.0%			Lden	52.6	61.7		
Depression	0.145-0.658	Porst et al. / Guski et al. 2023	--	--	5.0%	10.0%	Lden	--	--	51.0	54.0
Diabetes (Inzidenz)	0.049	GBD 2019	--	20.0%	--	--	Lden	--	55.0		--
HSD (starke lärminduzierte Schlafstörung)	0.070	WHO 2011	3.0% (11%)	15.0%	3.0%	15.0%	Lnight	< 40	42.1 44.9	< 40	43.5
HA (starke Belästigung)	0.020	WHO 2011	10.0%	25.0%	10.0%	25.0%	Lden	45.4	57.2 54.0	46.0	53.0
							Lden	45	55	46	53
							Lnight	40	43	40	44

Schutz- konzepte



Lärm-schutz-bereiche	Metrik	Zivile Flugplätze	
		Neue/wesentlich baulich erweiterte Flugplätze	Bestehende Flugplätze
Tag-Schutzzone 1 (6-22 Uhr)	$L_{Aeq,Tag}$	60 dB	65 dB
Tag-Schutzzone 2 (6-22 Uhr)	$L_{Aeq,Tag}$	55 dB	60 dB
Nacht-Schutzzone (22-6 Uhr)	$L_{Aeq,Nacht}$	50 dB	55 dB
	L_{Amax}	6 * 53 dB (innen) [6 * 68 dB (außen)]	6 * 57 dB (innen) [6 * 72 dB (außen)]

Endpunkte
Kardiovaskuläre Mortalität
IHD (Ischämische Herzkrankheit)
Depression
Diabetes (Inzidenz)
HSD (starke lärminduzierte Schlafstörung)
HA (starke Belästigung)

siken	=> Metrik	Schwellenwerte in dB(A)			
		WHO 2018	EKLB 2021	Guski 2024	
R2				R1	R2
5.0%	Lden	--	54.3	50.0	54.0
	Lden	52.6	61.7		
0.0%	Lden	--	--	51.0	54.0
--	Lden	--	55.0		--
0.0%	Lnight	< 40	42.1 44.9	< 40	43.5
0%	Lden	45.4	57.2 54.0	46.0	53.0
	Lden	45	55	46	53
	Lnight	40	43	40	44

Fazit, Zusammenfassung



- Die **2. Evaluationsrunde zum FluLärmG** von 2007 steht an
- Auslösewerte im FluLärmG orientieren sich bisher an Ergebnissen der **Fluglärmynopse** (ohne 1:1-Übernahme)
- **Methodik und Erkenntnisse der Lärmwirkungsforschung** haben sich weiterentwickelt
- Die Entwicklung spricht für einen **Anpassungsbedarf des FlulärmG**

UBA-Studie zum Vergleich von Abgrenzungskriterien für Nachtschutzzonen



MÖHLER+PARTNER
INGENIEURE AG



Z E U S

GmbH



	NAT	AWR
Lärmwirkung Berücksichtigung der Wirkung bereits in niedrigen Pegelbereichen; Berücksichtigung der Anzahl der Ereignisse; Berücksichtigung der besonderen Relevanz der frühen Morgenstunden	O/+	++
Gerechtigkeit Zeitliche Verteilung, räumliche Verteilung sozio-demographische Verteilung, Gleichheit - Equal outcome, Proportionalität - Kompensation von Beeinträchtigungen, Grundbedarf	+	+++
Umsetzbarkeit Aufwand, Übertragbarkeit auf alle Flugplätze	+++	++

Ankündigung: Evaluation der 2. FlugLSV



97. Tagung der ADF vom 23.-24. April 2026 am Flughafen Bremen

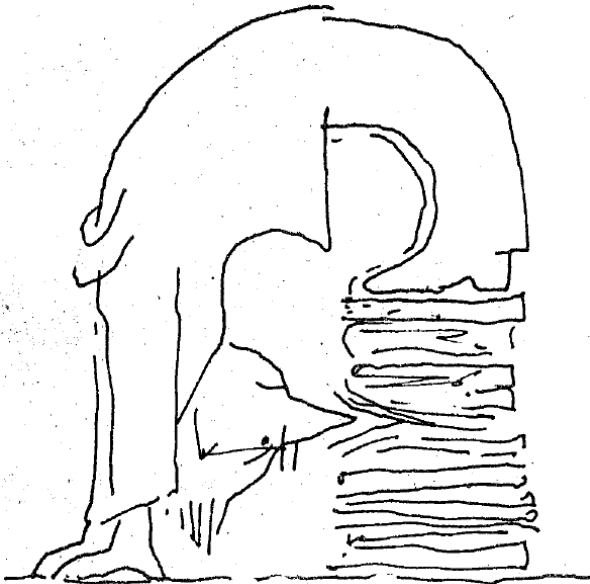
10:05 Uhr TOP 2
Zeitgemäßer baulicher Schallschutz – Rechtsgutachten 2. FlugLSV
Dr. Franziska Heß, Baumann Rechtsanwälte



**Fragen &
Anmerkungen
herzlich
willkommen!**

Kontakt: Dr. Dirk Schreckenberger
schreckenberger@zeusgmbh.de
Tel: 02331 - 47 87 194

Quellen



- Eidgenössische Kommission für Lärmbekämpfung (EKLB). (2021). Grenzwerte für Strassen-, Eisenbahn- und Fluglärm. Empfehlungen der Eidgenössischen Kommission für Lärmbekämpfung EKLB. https://www.eklb.admin.ch/inhalte/EKLB_2021_Grenzwerte_d.pdf
- European Environment Agency (EEA). (2025). Environmental noise in Europe 2025 (EEA Report 05/2025). EEA. <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/publications/environmental-noise-in-europe-2025>
- Engelmann, N., Blanes Guàrdia, N., Fons Esteve, J., Vienneau, D., & Rösli, M. (2024). Environmental noise health risk assessment: Methodology for assessing health risks using data reported under the Environmental Noise Directive (Eionet Report – ETC HE 2023/11). European Topic Centre on Human Health and the Environment. https://www.eionet.europa.eu/etcs/etc-he/products/etc-he-products/etc-he-reports/etc-he-report-2023-11-environmental-noise-health-risk-assessment-methodology-for-assessing-health-risks-using-data-reported-under-the-environmental-noise-directive/@@download/file/ETC_HE_Report_2023-11_Engelmann%20v3.pdf
- Guski, R., Schreckenberger, D., Kuhlmann, J., Seidler, A., Schubert, M., Romero Starke, K. (2023/2024). Aktualisierung der Evaluierung der Forschungsergebnisse zur Wirkung von Fluglärm auf den Menschen. Gutachten im Auftrag des Fluglärmschutzvereins Rhein-Main e. V. Frankfurt. URL: <https://www.flk-frankfurt.de/datei/de/flk/-/2005/extLink>
- Kuhlmann, J., Bilik, J., Belke, C., Schreckenberger, D., Brohmann, B., Brunn, C., Schütte, S., Forstreuter, M., Liepert, M., Basner M. (2025). Vergleich vorhandener Verfahren zur Beurteilung von nächtlichem Fluglärm und für Entscheidungen über baulichen Schallschutz für Schlafräume. Texte 31/2025. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt. <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/vergleich-vorhandener-verfahren-zur-beurteilung-von>
- World Health Organization (WHO). (2018). Environmental noise guidelines for the European Region. WHO Regional Office for Europe. <https://www.who.int/europe/publications/i/item/9789289053563>