



NORAH Studie

Ausgewählte Ergebnisse und Einordnung in den internationalen Kenntnisstand

Dr. Christian Maschke, LfU, Referent Fluglärm



Vorliegende Bände

Band 1: Kognitive Entwicklung und Lebensqualität von Kindern

Band 2: Erfassung der Verkehrsgeräuscheexpositionen

Band 3: Belästigung und Lebensqualität

Band 4: Fluglärm und nächtlicher Schlaf

Band 5: Blutdruckmonitoring

Band 6: Erkrankungsrisiken

Band 7: Gesamtbetrachtung

Band 8: Kurzfassung - DE

Die beiden Vorträge behandeln nur die rot gekennzeichneten Teilstudien



Ziel der NORAH-Studien

Das **übergeordnete Ziel** der NORAH-Studien war eine wissenschaftlich abgesicherte Beschreibung der **Wirkung** von Flug-, Straßen- und Schienenverkehrslärm auf die **Lebensqualität** und **Gesundheit** der in der **Region Frankfurt** lebenden **Bevölkerung**.

Dabei stellen sich die Fragen, ob die Verkehrslärmsituation im dicht besiedelten **Rhein-Main-Gebiet** mit **anderen** deutschen **Regionen vergleichbar** ist und wie sich die Situation mit **Eröffnung der neuen Landebahn** in 2011 am Flughafen Frankfurt auf die **dortige Bevölkerung im Vergleich zu so genannten Bestandsflughäfen** auswirkt.

Vgl. Gesamtstudienaufnahme des WBO zur NORAH-Studie – Gesamtbeurteilung, Seite 6



Belästigung (und Lebensqualität)

Untersuchung zur Belästigung an 4 Flughäfen mit dem Ziel **Belastungs-Wirkungskurven** zu erarbeiten:

Frankfurt (Hauptstandort 3 Untersuchungswellen)

Köln-Bonn (Querschnittstudie)

Stuttgart (Querschnittstudie)

Berlin (Querschnittstudie)

Besprochen werden nicht die Ergebnisse zur Lebensqualität und zum Schlaferleben, sondern nur die die Ergebnisse zur Belästigung



Längsschnittstudie Frankfurt

3 Untersuchungswellen (2011, 2012, 2013); 2 Schichtungsmerkmale: "aktuelle Fluglärmbelastung" & "künftige Belastungsänderung,,,"

L _{dn} /L _{tn} -Änderung nach der NW-Bahneröffnung	Stufen aktueller L _{dn} bzw. L _{tn} -Belastung [dB(A)] - IST									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	40,0-42,5	42,5-45,0	45,0-47,5	47,5-50	50,0-52,5	52,5-55,0	55,0-57,5	57,5-60,0	60,0-62,5	62,5-65,0
	<i>Mindestanzahl von Panelteilnehmenden (zu Beginn in 2011)</i>									
höher (Erhöhung > + (2 dB))	233 - 234	233 - 234	233 - 234	233 - 234	233 - 234	233 - 234	233 - 234	233 - 234	233 - 234	233 - 234
gleich (IST +/- max. 1 dB)	233 - 234	233 - 234	233 - 234	233 - 234	233 - 234	233 - 234	233 - 234	233 - 234	233 - 234	233 - 234
niedriger (Reduktion > - (2 dB))	233 - 234	233 - 234	233 - 234	233 - 234	233 - 234	233 - 234	233 - 234	233 - 234	233 - 234	233 - 234
Summe	699 - 702	699 - 702	699 - 702	699 - 702	699 - 702	699 - 702	699 - 702	699 - 702	699 - 702	699 - 702

ca. 7.000 Untersuchungsteilnehmende

Vgl. Band 3, S,46. Die Fallzahlen beziehen sich auf das erste Erhebungsjahr 2011 (Powerberechnung: mindestens 2500 Personen) Längsschnittgewichtung zur Anpassung an die Grundgesamtheit.



Querschnittstudien Frankfurt 2012

- (a) Querschnittsstudie zum Straßenverkehrslärm (**Teilstudie QS Straße**);
- (b) Querschnittsstudie zum Schienenverkehrslärm (**Teilstudie QS Schiene**);
- (c) Querschnittsstudie zur Kombination von Flug- und Straßenverkehrslärm (**Teilstudie Kombi Luft + Straße**);
- (d) Querschnittsstudie zur Kombination von Flug- und Schienenverkehrslärm (**Teilstudie Kombi Luft + Schiene**).

Für Frankfurt (FRA), Berlin-Brandenburg (BER), Köln/Bonn (CGN) und Stuttgart (STR) wurden Querschnittsgewichte berechnet. Anpassung der Stichprobenverteilungen an die Verteilungen in der Grundgesamtheit (anhand Alter, Geschlecht, Familienstand).



Erhebung der Belastung

Quelle	Flug				Straße				Schiene				Kombi
Standort	FRA	BER	CGN	STR	FRA	BER	CGN	STR	FRA	BER	CGN	STR	FRA
Bezugszeit	10/2010-09/2013	10/2011-09/2012	10/2012-09/2013		2011-2012-2013	2012	2013	2013	2011-2012-2013	2012	2013	2013	2012
Zeitraum	12-Monats-gemittelt Okt-Sep je Monat (nur FRA)				12-Monats-gemittelt Okt - Sep.								
Wochentag	Über 7 Tage gemittelt (für Teilauswertung Unterscheidung werktags / Wochenende)												
Maße, Tageszeit	L_{pAeq} : <ul style="list-style-type: none"> • 06-18, 18-22, 22-06 • 06-22, 22-06 • 00-24: L_{pAeq}, L_{den} (zusätzlich) <ul style="list-style-type: none"> • 5-6, 6-7, 7-8, 8-18, 18-19, 19-22, 22-23, 23-5) Maximalpegelhäufigkeiten: Anzahl Flugbewegungen in Maximalpegelklassen. Niedrigste Klasse < 50 dB, ab $L_{pAS,Max} = 50$ dB bis 110 dB in 1 dB-Schritten, $\overline{L_{pAS,max,A}}$: <ul style="list-style-type: none"> • 06-22, 22-06 				L_{pAeq} : <ul style="list-style-type: none"> • 06-18, 18-22, 22-06 • 06-22, 22-06 • 00-24: L_{pAeq}, L_{den} Maximalpegelhäufigkeiten: Anzahl Flugbewegungen in Maximalpegelklassen. Niedrigste Klasse < 50 dB, ab $L_{pAS,Max} = 50$ dB bis 110 dB in 1 dB-Schritten, $\overline{L_{pAF,max,A}}$: <ul style="list-style-type: none"> • 06-22, 22-06 				L_{pAeq} : <ul style="list-style-type: none"> • 06-18, 18-22, 22-06 • 06-22, 22-06 • 00-24: L_{pAeq}, L_{den} Maximalpegelhäufigkeiten: Anzahl Flugbewegungen in Maximalpegelklassen. Niedrigste Klasse < 50 dB, ab $L_{pAS,Max} = 50$ dB bis 110 dB in 1 dB-Schritten, $\overline{L_{pAF,max,A}}$: <ul style="list-style-type: none"> • 06-22, 22-06 				L_{pAeq} : (Flug), L_{pAeq} (Straße, Schiene) 06-22, 22-06, 00-24, L_{den} pro Quelle und kombiniert (Gesamt-lärm) für Flug + <ul style="list-style-type: none"> • Straße • Schiene • Straße + Schiene



Erhebung der Belästigung

Zur jeweiligen Verkehrslärmbelästigung wurden Fragen gestellt, mit denen die Belästigung in den letzten 12 Monaten anhand einer 5-stufigen Ratingskala entsprechend der ISO/TS-15666-Norm mit den Abstufungen (1), 'überhaupt nicht ...', (2) 'wenig ...', (3) 'mittelmäßig...', (4) 'stark...' und (5) 'äußerst... gestört oder belästigt' erhoben wurde.

Als 'highly annoyed' (HA) wurden Personen definiert, die die obersten beiden Skalenstufen der 5er-Belästigungsskala (4) "**stark**" und (5) "**äußerst**" angaben.



Auswahl der Befragungsteilnehmer

Die Erhebungen wurden als Telefonbefragungen und optional auch als Onlinebefragung durchgeführt (geschichtete Zufallsstichproben).

Studienteil	Jahr	Response-Rate	Gültige Fälle
Frankfurter Panel t1	2011	7%	—
Frankfurter Panel t2	2012	—	53%
Frankfurter Panel t3	2013	—	72%
Frankfurt Nachrekrutierung	2013	24%	—
Frankfurt Straße	2012	24%	—
Frankfurt Schiene	2012	24%	—
Frankfurt Flug/Straße	2012	22%	—
Frankfurt Flug/Schiene	2012	26%	—
Berlin	2012	31%	—
Köln/Bonn	2013	29%	—
Stuttgart	2013	20%	—



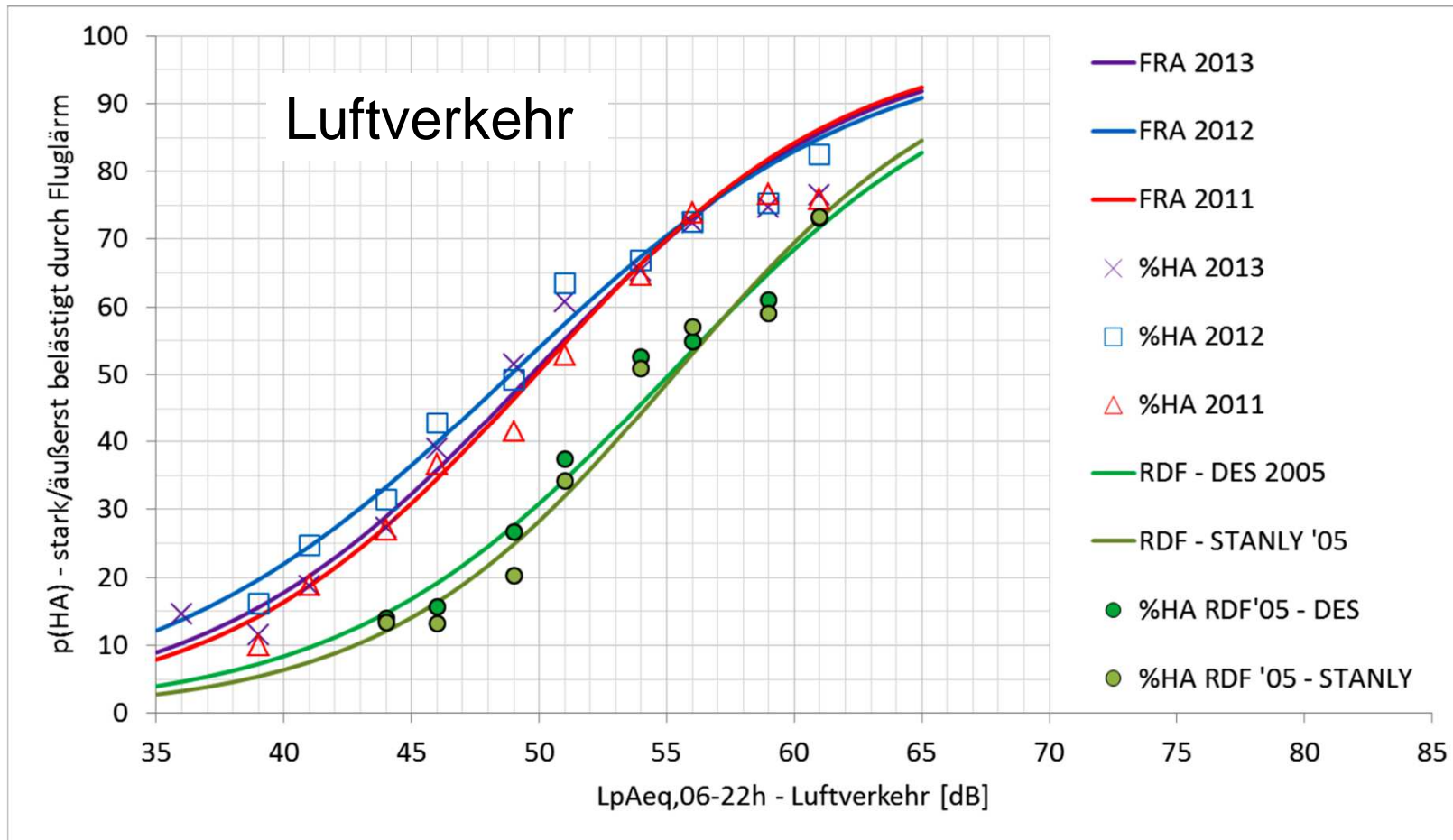
Non-Response und Panelausfälle

Wenn die Motive der Antwortverweigerung mit dem Grad der Belästigung korrelieren, besteht die Gefahr eines „selection bias“, der die Generalisierbarkeit der Ergebnisse einschränken würde.

Diesem versuchte man in der NORAH-Modul-3-Studie mittels Sensitivitätsanalysen und Gewichtungen unter Verwendung der Verteilung ausgewählter Variablen (Alter, Geschlecht, Familienstand) in der Wohnbevölkerung zu begegnen. In einem Bootstrap-Verfahren zur wiederholten Stichprobenziehung aus der vorliegenden Stichprobe (Resampling) erwiesen sich die Expositions-Wirkungsbeziehungen als relativ robust.

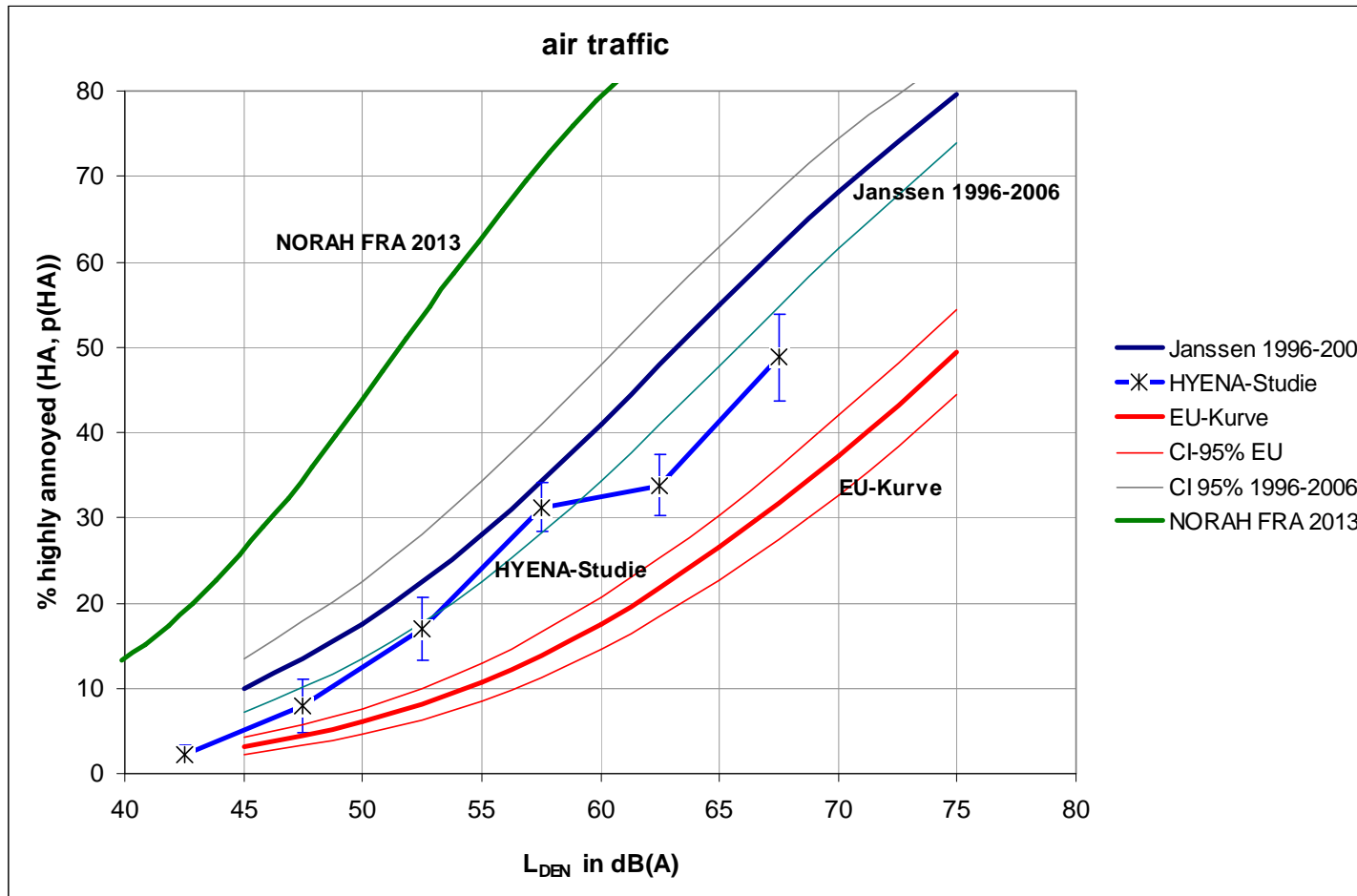


Ausgewählte Ergebnisse





Einordnung in den int. Kenntnisstand



Umrechnung FRA 2013 in L_{den} mit 7%
Nachtfluganteil



Vergleich mit EU-Kurven

In dem Abschlussbericht Belästigung der NARAH-Studie werden die Belastungs-Wirkungskurven für die beiden Skalenbereiche "stark" und "äußerst" angegeben, das sind die beiden höchsten Kategorien einer 5-stufigen Antwortskala. Demzufolge entspricht jede Stufe der 5-Stufen der Antwortskala 20%. Dargestellt sind im **Abschlussbericht** also immer die Antworten der **obersten 40%** wenn die gesamte 5-stufige Skala in einen Bereich von 0 bis 100% eingeteilt wird.

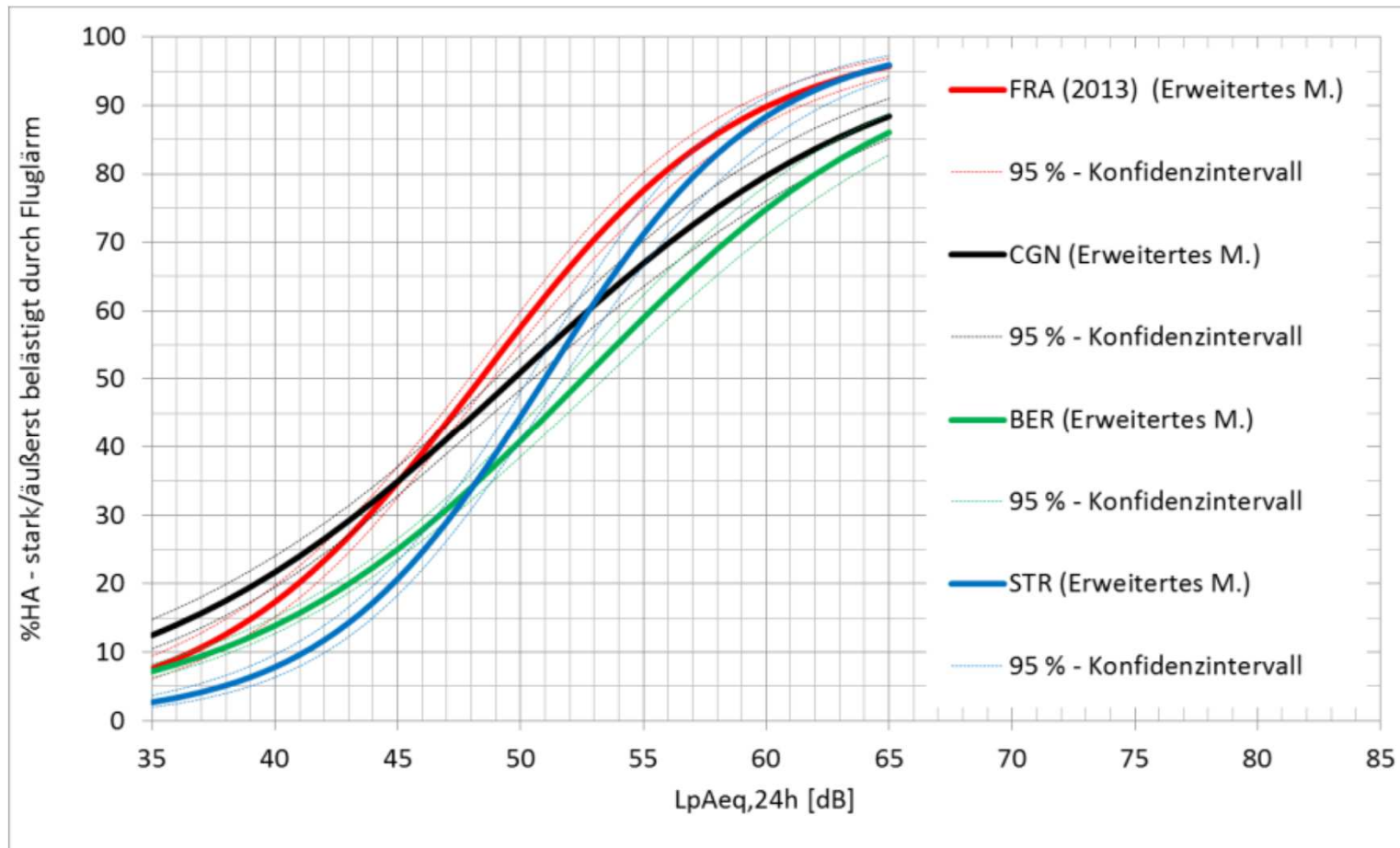
Für die **EU-Kurven** wird hochgradige Belästigung (HA) aber definiert als die Anzahl der Antworten, die in den **obersten**

28% (also 72% und höher) einer Antwortskala von 0 bis 100%) gegeben wurden.

Eine korrekte Umrechnung ist nur mit den Original-Daten möglich.



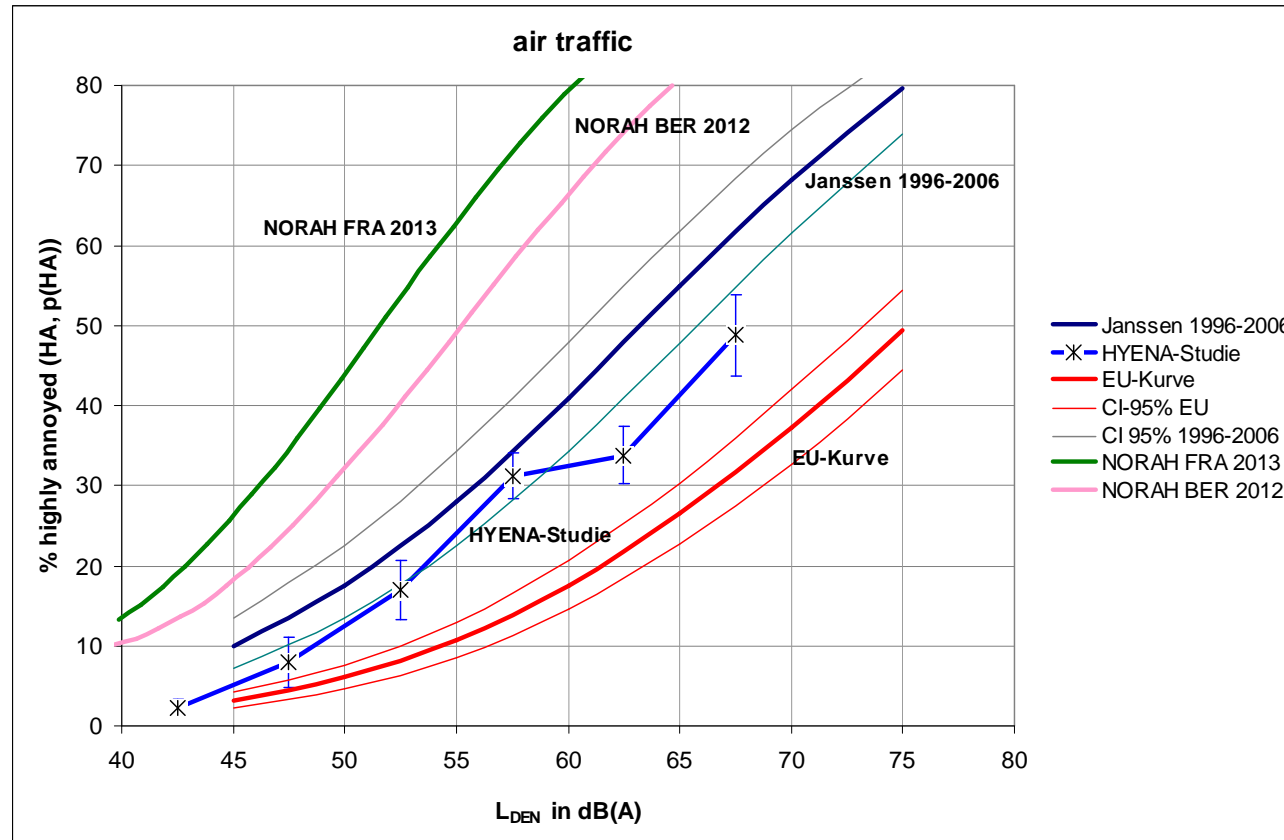
Vergleich mit anderen Flughäfen



BER = Berlin Schönefeld; CGN = Köln-Bonn (Bestandsflughafen); STR = Stuttgart (Bestandsflughafen); NORAH Band 3, Seite 291



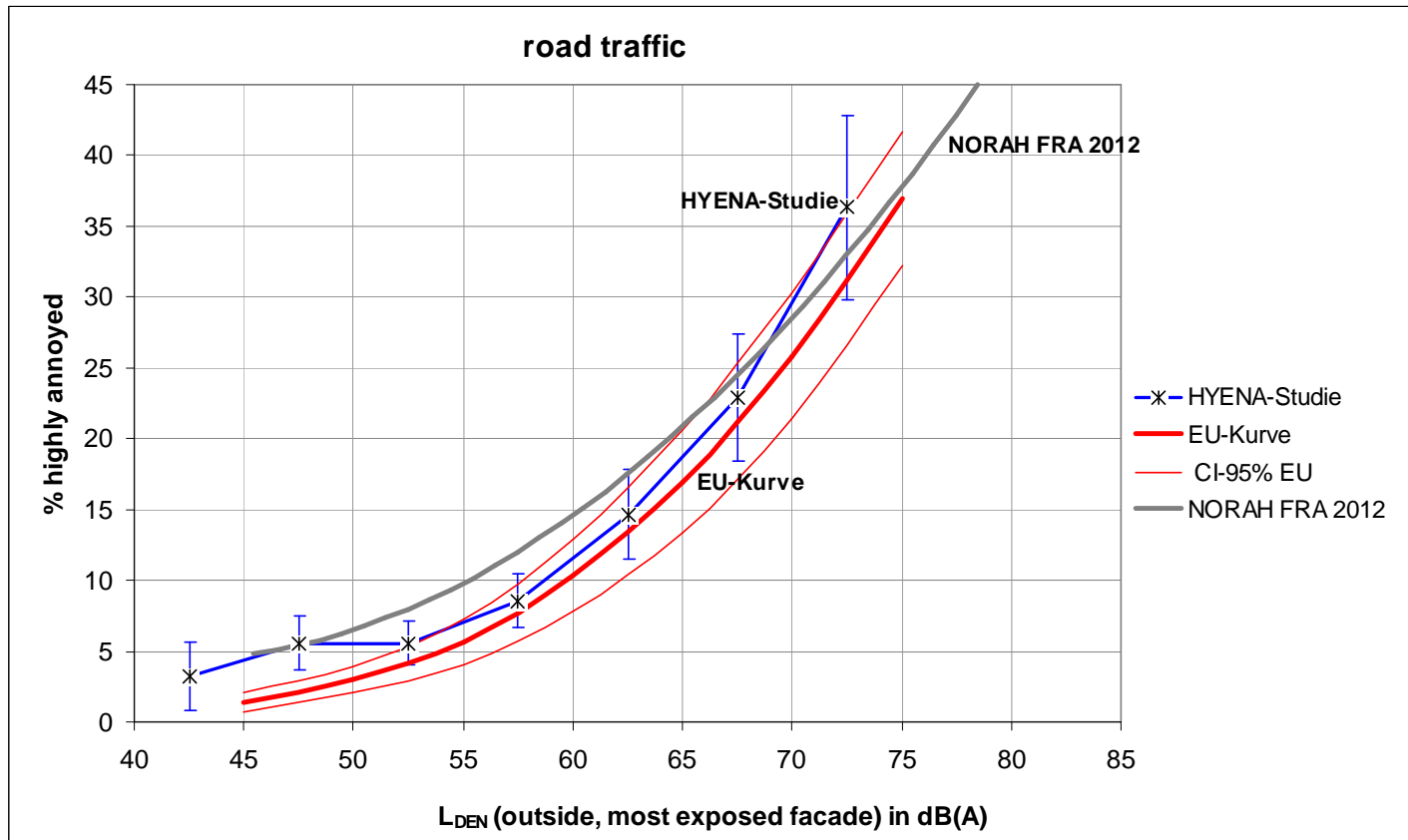
Einordnung Berlin-Schönefeld



Berechnung der DW-Kurve für cut off 72% nicht möglich. Wird voraussichtlich leicht oberhalb der Janssen-Kurve liegen. Umrechnung in L_{den}: FRA 213 = 7% Nachtanteil; BER 2012 = 11% Nachtanteil



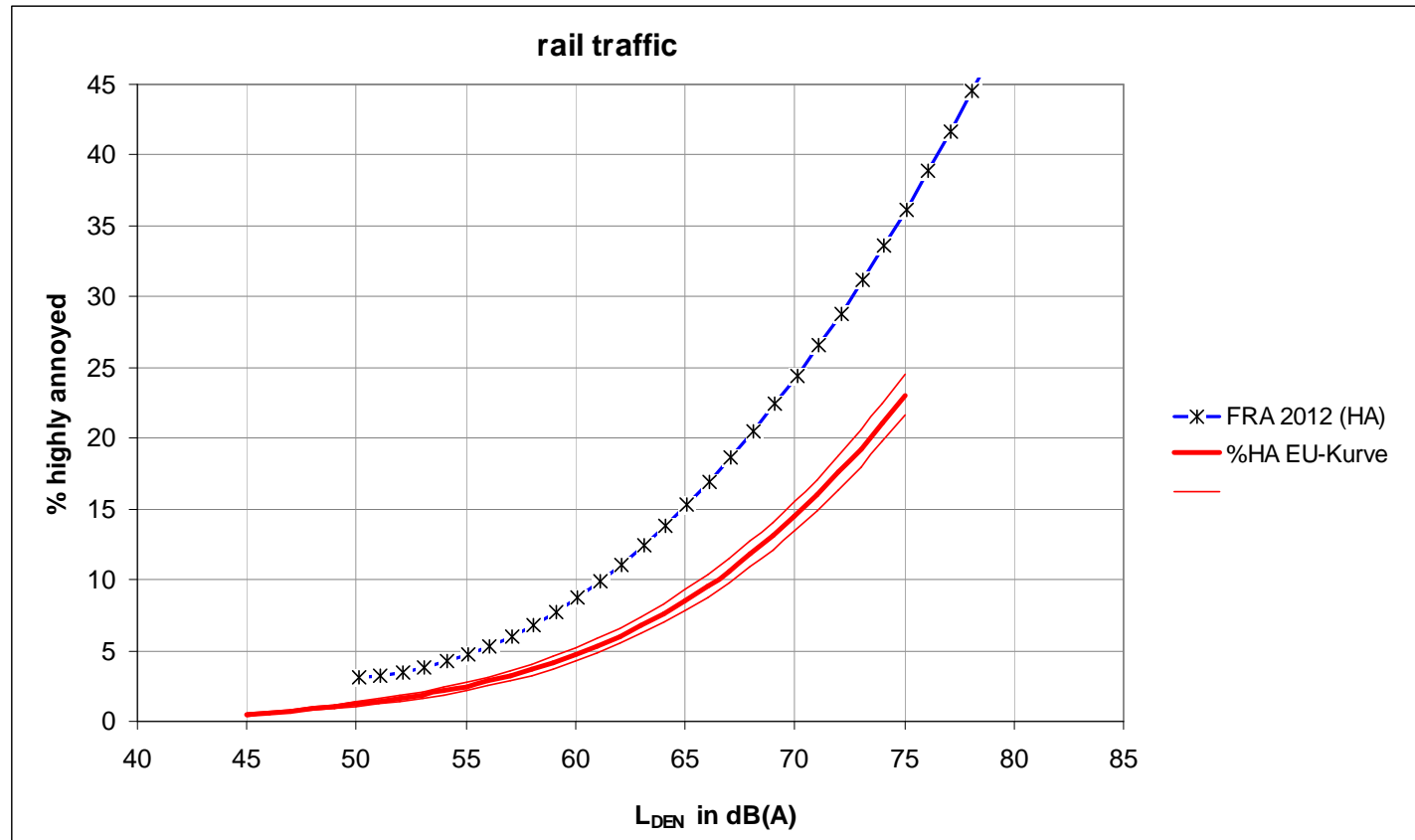
Einordnung Straßenverkehr



Berechnung der DW-Kurve für cut off 72% nicht möglich. Umrechnung in L_{den}: FRA 212 = 8% Nachtanteil



Schienenverkehr



Berechnung der DW-Kurve für cut off 72% nicht möglich. Umrechnung in L_{den}: FRA 212 = 30

% Nachtanteil



Weitere ausgewählte Ergebnisse

Bei **Mehrfachbelastung** stellte der Luftverkehr stets die hinsichtlich der Belästigung dominierende Lärmquelle dar.

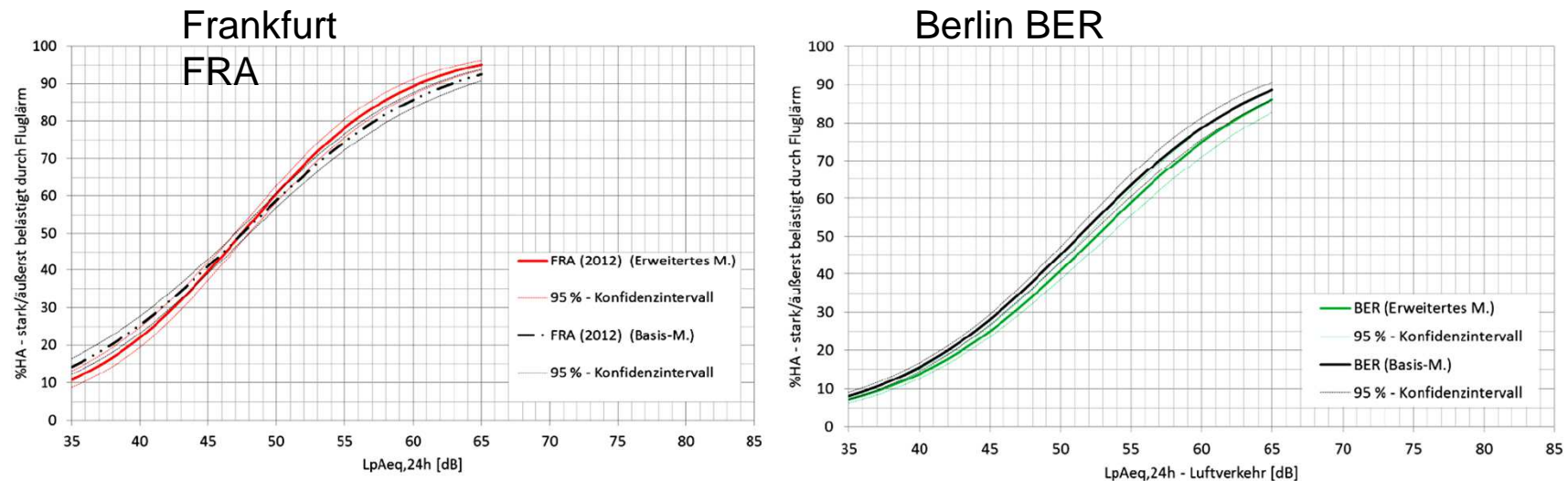
Es zeigte sich ein sog. „**Change-Effekt**“: Auch ein Jahr nach Inbetriebnahme der neuen Landebahn fiel die beurteilte Lästigkeit bei gleichem Dauerschallpegel höher aus als vorher.

Die Interaktion zwischen Luft- und Straßenverkehrspegel war nicht signifikant.

Die Belästigung ist neben dem Luftverkehrspegel **signifikant abhängig** von der **Lärmempfindlichkeit**, gefolgt von der **Bewertung des Luftverkehrs** als nützlich, dem **Alter**, der Bewertung des Luftverkehrs als umwelt-schädigend und dem **Hauseigentum** (erweitertes Regressionsmodell).



Relevanz des erweiterten Modells



An den Flughäfen unterscheiden sich die Expositions-Wirkungsbeziehungen zum Grad der Fluglärmbelästigung nach dem Basis- und dem erweiterten Modell kaum.

Erweitertes Modell: Adjustiert nach Befragungsmodus, Geschlecht, Alter, Wohndauer, Hauseigentum, SWI, Migration, Lärmempfindlichkeit, Bewertung Luftverkehr als nützlich, bequem, umweltschädigend, LpAeq,24h – Straßenverkehr, LpAeq,24h - Schienenverkehr, Interaktion Modus * Alter. Basismodell nur Befragungsmodus.



Fazit

Die Belästigung durch Fluglärm hat im Rhein-Main Gebiet bei gleichem Dauerschallpegel seit 2005 deutlich zugenommen

Ein Anteil von 25% hochgradig Belästigten liegt heute in Frankfurt bei einem $L_{Aeq,06-22h}$ von 40-45dB.

Die Berücksichtigung der erhobenen nicht-akustischen Faktoren verändert die Expositions-Wirkungskurve für Frankfurt kaum.

Die Ergebnisse legen nahe, dass der Nachtfluganteil den Verlauf der Expositions-Wirkungskurve beeinflusst.

Bei einem hohen Nachtfluganteil ist davon auszugehen, dass die Fluglärmbelästigung in unteren Pegelbereichen höher ist.

Es ist nach der NORAH-Studie fraglich, ob es eine gemeinsame Expositions-Wirkungskurve für alle Deutschen



Folgerungen

Die Ergebnisse der NORAH-Studie zur Belästigung bestätigen den allgemeinen Kenntnisstand, dass die "EU-Belastungs-Wirkungskurven" hinsichtlich Belästigung für Fluglärm nicht mehr die Betroffenheit der Anwohner widerspiegeln.

Diese Aussage gilt sowohl für „Änderungsflughäfen“ als auch für „Bestandsflughäfen“.

Die Ergebnisse der NORAH-Belästigungsstudie müssen bei der Novellierung des Fluglärmgesetzes (2017) berücksichtigt werden (Tagschutzzonen).

Ebenso sollte die EU-Lärmkartierung bei niedrigeren Pegeln beginnen und für die Gesamtlärberechnung nach VDI 3722 sind neue DW-Kurven erforderlich.



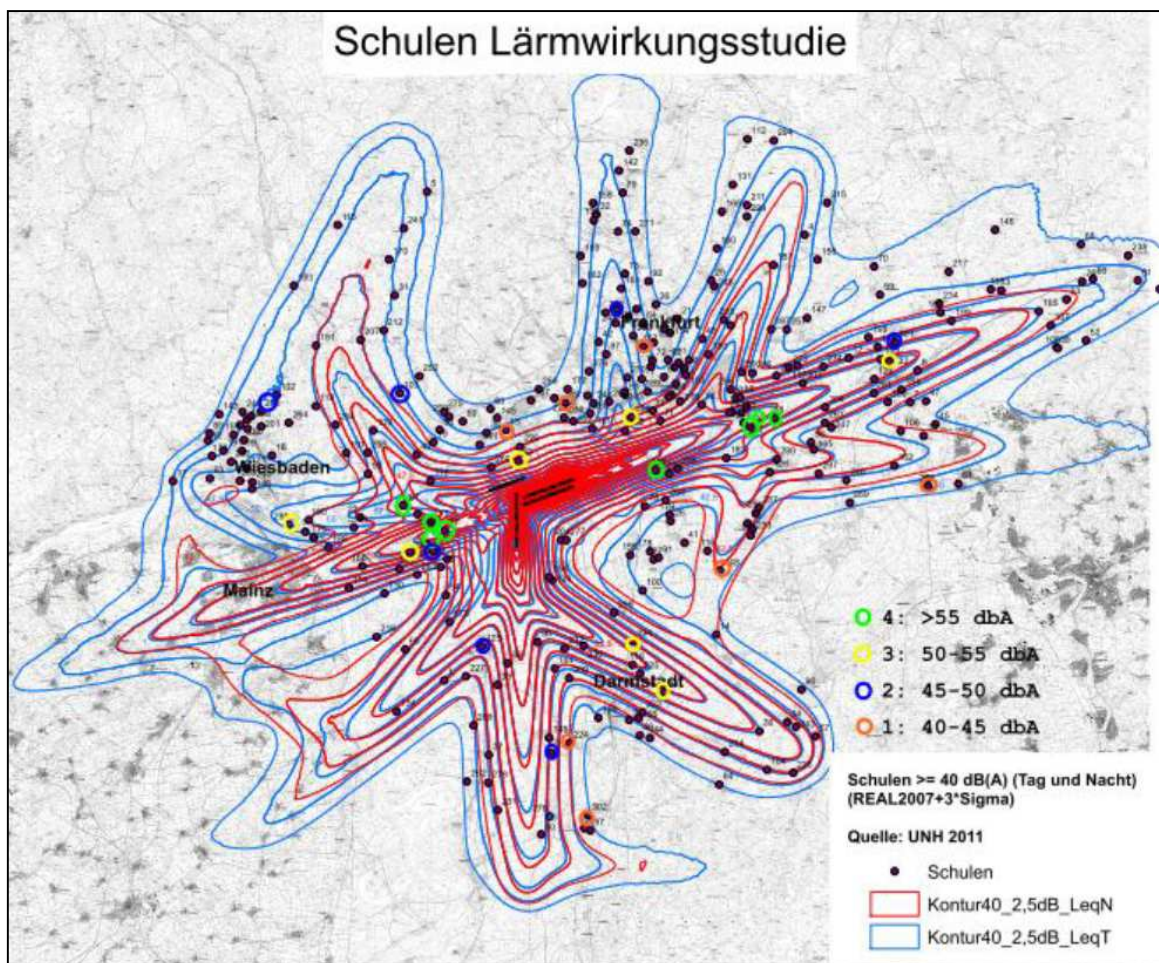
Chronischer Fluglärm und Grundschul Kinder

Untersucht wurde die Wirkungen chronischer Fluglärmbelastung an Schulen und Wohnorten auf Leseleistungen und sprachliche Vorläuferfertigkeiten des Lesens sowie auf die Lebensqualität bei Grundschulkindern im Rhein-Main-Gebiet.

Im Frühjahr 2012 wurden Leistungserhebungen in 85 Schulklassen aus 29 unterschiedlich fluglärmbelasteten Grundschulen im Rhein-Main-Gebiet sowie Befragungen der Kinder, Eltern und Lehrkräfte durchgeführt. Die Kinder wurden jeweils im Klassenverband untersucht. Auswertung unter strenger Kontrolle nicht-Fluglärm-bezogener Faktoren, wie z.B. dem Migrationshintergrund.



Teilnehmenden Schulen



Pegelklasse	Anzahl Schulen
40-44 dB(A)	7
45-49 dB(A)	7
50-54 dB(A)	7
> 55 dB(A)	8



Auswahl der Schulen

Es wurden Schulen ausgewählt, die sich hinsichtlich der Fluglärmbelastung unterschieden, aber hinsichtlich soziodemo-graphischer Faktoren (Sozialstruktur im Einzugsgebiet, Anteil von Kindern mit Migrationshintergrund) vergleichbar waren.

Schulen, die Belastungen durch andere Lärmquellen (Straße, Schiene, Baustellen o.ä.) als „sehr hoch“ beurteilten, wurden nicht einbezogen

Insgesamt nahmen 1.243 Kinder teil, die sich zum Zeitpunkt der Untersuchung am Ende der zweiten

Klassenstufe befanden.
NOR, Seite 17-19



Testverfahren und Befragungen

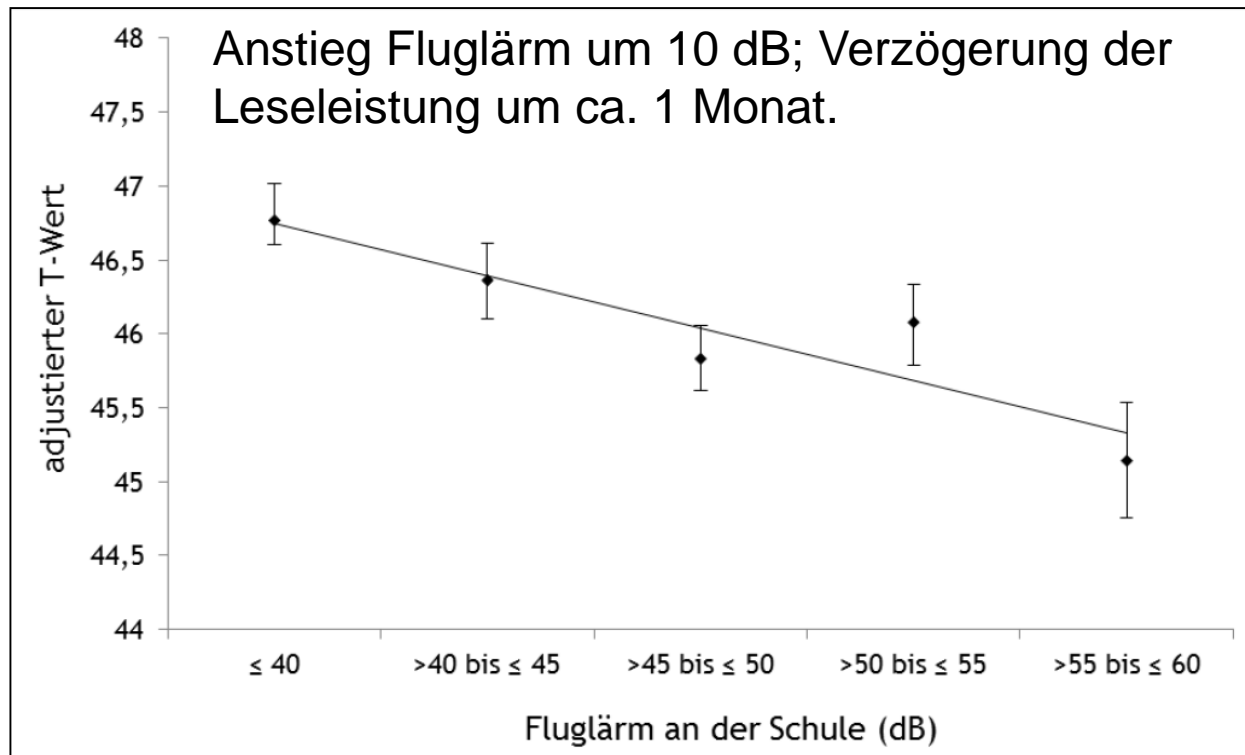
Funktionsbereiche	Testverfahren
I Komplexe Leistungen	
Lesen	Standardisierter und normierter Lesetest für Grundschul Kinder: Ein Leseverständnistest für Erst- bis Sechstklässler (ELFE 1-6, Lenhard & Schneider, 2006)
Auditives Gedächtnis	Für Gruppentestung adaptierte, modifizierte Version des Untertest „Gedächtnis auditiv“ aus „Intelligenz- und Entwicklungsskalen für Kinder von 5-10 Jahren“ (IDS, Grob, Meyer & Hagmann-von Arx, 2009)
Nichtsprachliche Fähigkeiten	Raven´s Coloured Progressive Matrices (CPM); Kurzfassung (Bulheller & Häcker, 2002)
II Phonologische Informationsverarbeitung / Vorläuferfertigkeiten	
Phonologisches Kurzzeitgedächtnis	Pseudowörter merken (Klatte et al., 2007, 2010a)
Phonologische Bewusstheit	Laute kategorisieren, „Odd One Out“ (OOO) (Klatte et al., 2007, 2010a,b)
Sprachwahrnehmung	Wortverständnis im Störgeräusch (Bild-zu-Wort-Zuordnung) (Klatte et al., 2010a, 2010b; Steinbrink & Klatte, 2008)
Schneller Abruf von Wortrepräsentationen	Bildertest: Durchstreichtest mit phonologisch definierten Zielzeichen

Befragungen

1. Gesundheits- und Umweltbezogene Lebensqualität
2. Wohnumfeld und Lärmbelastung



Leseleistung

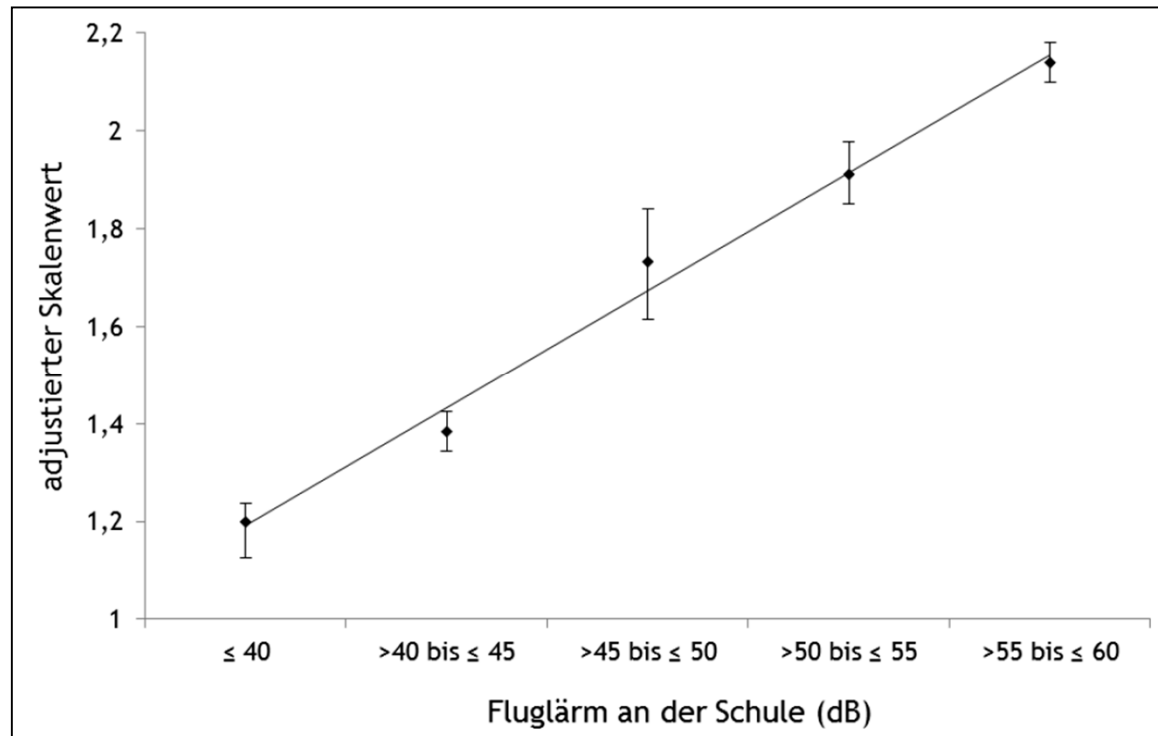


Expositions-Wirkungskurve zwischen Fluglärmbelastung am Schulstandort ($L_{A,eq,08-14}$) und adjustierten Lesetestwerten (Gesamttest, 95% CI)

NORAH, Band 1 vom 04.11.2014, Seite 137



Schulbezogene Lärmbelastung



Expositions-Wirkungskurve zwischen Fluglärmbelastung am Schulstandort ($L_{A,eq,08-14}$) und Lärmbelastung (Gesamttest, 95% CI)

NORAH, Band 1 vom 04.11.2014, Seite 142



Internationaler Kenntnisstand

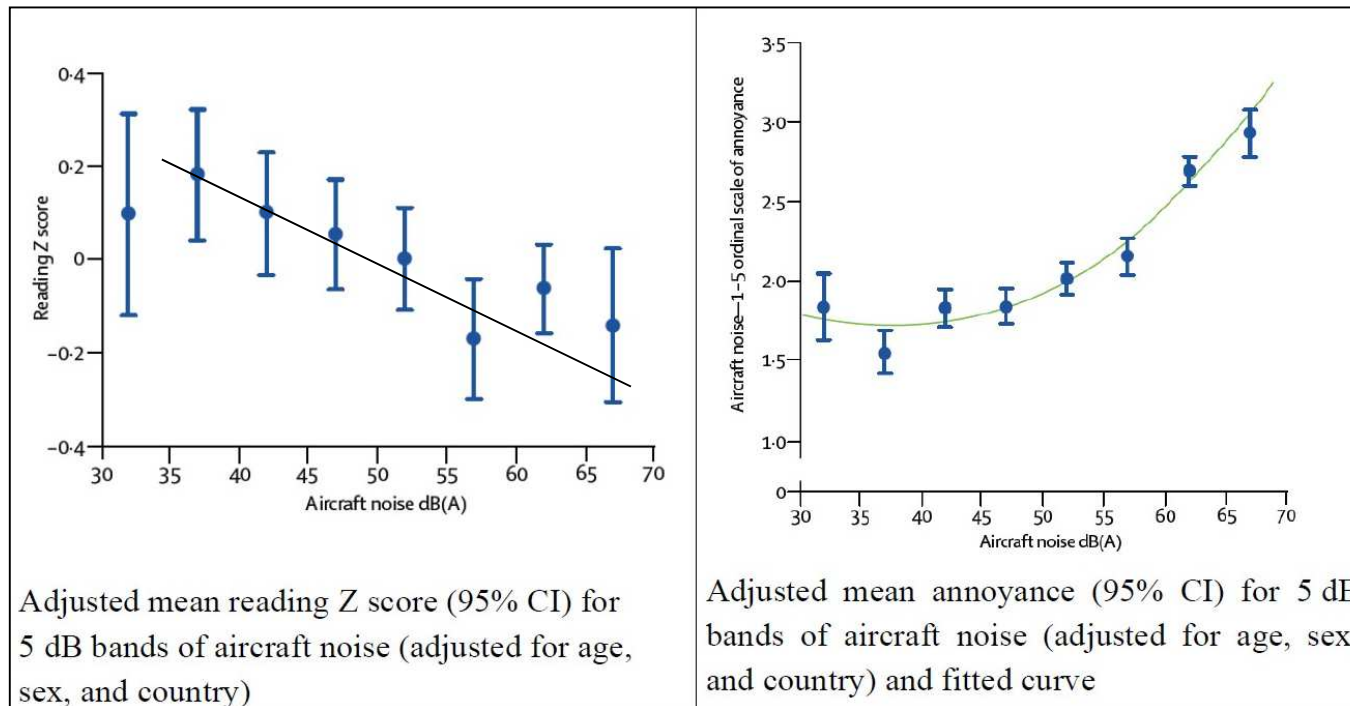
Erstautor Jahr	Name Design	Untersuchungsort	Kinder	Ausgewählte Ergebnisse
Haines 2001	West-London- School Studie Querschnitt	Umfeld Flughäfen in London	451 Kinder (8-11 Jahre)	verminderte Leseleistung
Haines 2001	London-Heathrow Studie Querschnitt	Umfeld Flughafen Heathrow	380 Kinder (8-11 Jahre)	schlechteres Leseverständnis
Haines 2002	London-School- Performance Studie Querschnitt	Umfeld Flughafen Heathrow	11.000 Kinder (11 Jahre)	verminderte Leseleistung, schlechtere Leistung in Mathematik ohne Kontrolle SES
Hiramatsu 2003	Okinawa Studie Querschnitt	Umfeld Militär- flughafen Okinawa	2269 Kinder (8-11 Jahre)	Beeinflussung Langzeitgedächtnis
Stansfeld 2005	RANCH-Studie Querschnitt	Umfeld Flughäfen England, Spanien, Niederlande	2844 Kinder (9-10 Jahre)	verminderte Leseleistung, erhöhte Belästigung

Epidemiologische Studien zu den Auswirkungen von Fluglärm auf die kognitiven Fähigkeiten von Grundschulkindern; SES = sozio-ökonomischer Status

Nach Kaltenbach et al. 2016, International Journal of Environmental Protection



Vergleich mit der Ranch Studie



Eine um 5 dB höhere Fluglärmbelastung ($L_{Aeq,16h}$) entsprach in Großbritannien im Mittel einer Retardierung um zwei Monaten im Lesealter und in den Niederlanden um einen Monat.

Stansfeld et al. 2005, The Lancet; Clark et al. 2006, American Journal of Epidemiology



Fazit

Eine um 20 dB(A) höhere Fluglärmbelastung hat einen Rückstand in der Leseleistung von etwa 2 Monaten zur Folge.

Die Ergebnisse sind in wesentlichen Aspekten konsistent mit der RANCH-Studie, die hinsichtlich der methodischen Standards vergleichbar ist.

Die Ergebnisse beseitigen die letzten Zweifel, dass Fluglärm den Leselernprozess im Umfeld des Frankfurter Flughafens negativ beeinflusst.

Direkte Wirkungen des Fluglärms auf Vorläuferfertigkeiten des Lesens waren nicht nachweisbar.

Vgl. NORA HWBQ, Stellungnahme zur NORA-Studie, Modul

3



Offene Fragen

Der Effekt des Fluglärms auf die Leseleistung bei Kindern ohne Migrationshintergrund war in der NORAH-Kinderstudie größer, als bei Kindern mit Migrationshintergrund. Das widerspricht Zusatzauswertungen der RANCH-Studie (vgl. van Kempen, 2008).

Die **langfristigen Folgen** dieser schädigenden Wirkung für die weitere Lernentwicklung der Kinder wurde in der **NORAH-Studie nicht untersucht**.

Clark et al. (2013) konnte in einer Folgeuntersuchung der RANCH-Studie zeigen, dass Kinder, die eine stark fluglärmbelastete Grundschule besuchten, auch nach 6 Jahren eine höhere Lärmbelastung angaben.



Fluglärm und nächtlicher Schlaf

Untersucht wurden Anwohnern des Frankfurter Flughafens mit dem Ziel **Expositions-Wirkungskurven** für Schlafstörungen zu erarbeiten:

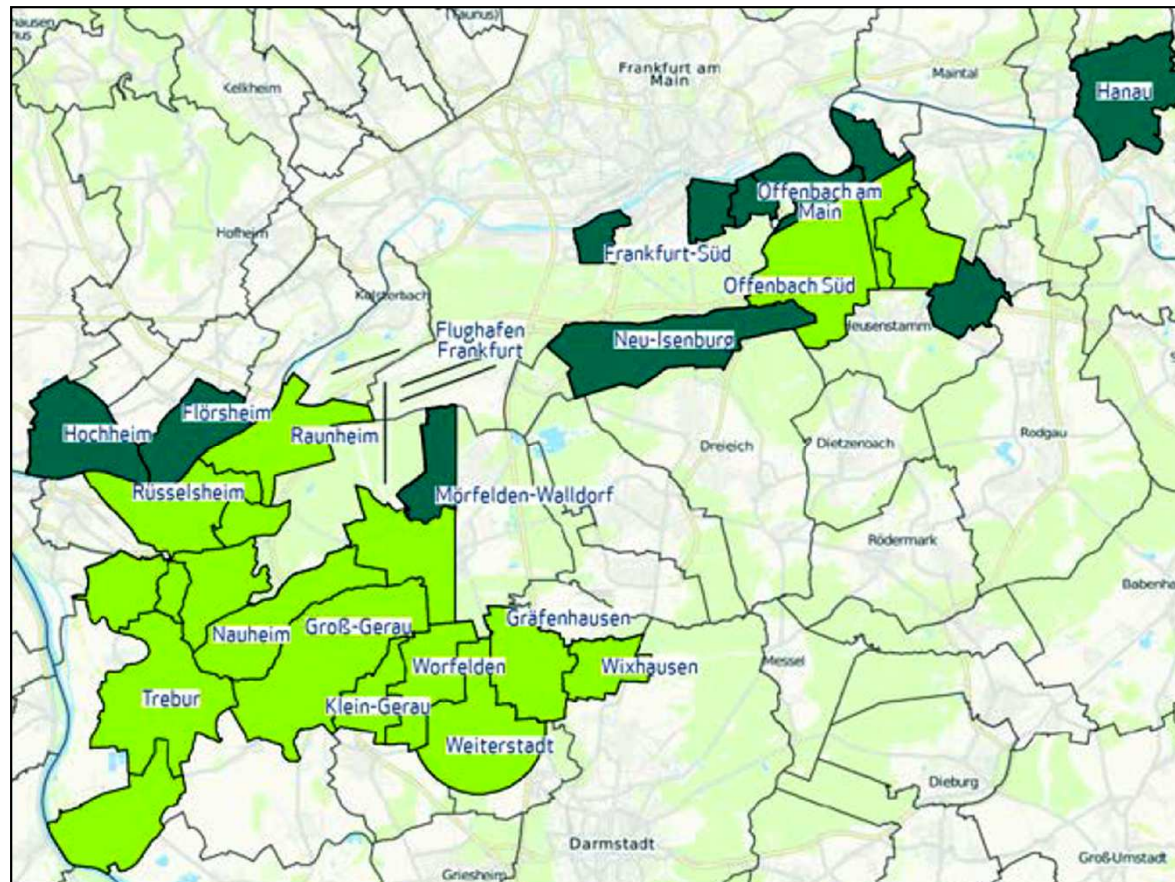
3 Messperioden in den Jahren 2011-2013 vor und nach Eröffnung der Landebahn Nordwest im Oktober 2011 (d.h. **vor und nach Einführung der Kernruhezeit von 23-5 Uhr**).

Insgesamt 202 schlafgesunde erwachsene Probanden; 115 weibliche Personen, 87 männliche im Alter von 18 bis 78 Jahren.

Fluglärm als dominantes Geräusch im Wohngebiet.
Besprochen werden nicht die Ergebnisse zum Schlaferleben



Untersuchungsgebiete



Untersuchungsgebiete der NORAH-Schlafstudie: hellgrüne Flächen = Gebiete 2011-2013; dunkelgrüne Flächen = neu hinzugekommene Gebiete in 2013 (NORAH Band 4, Seite 33)



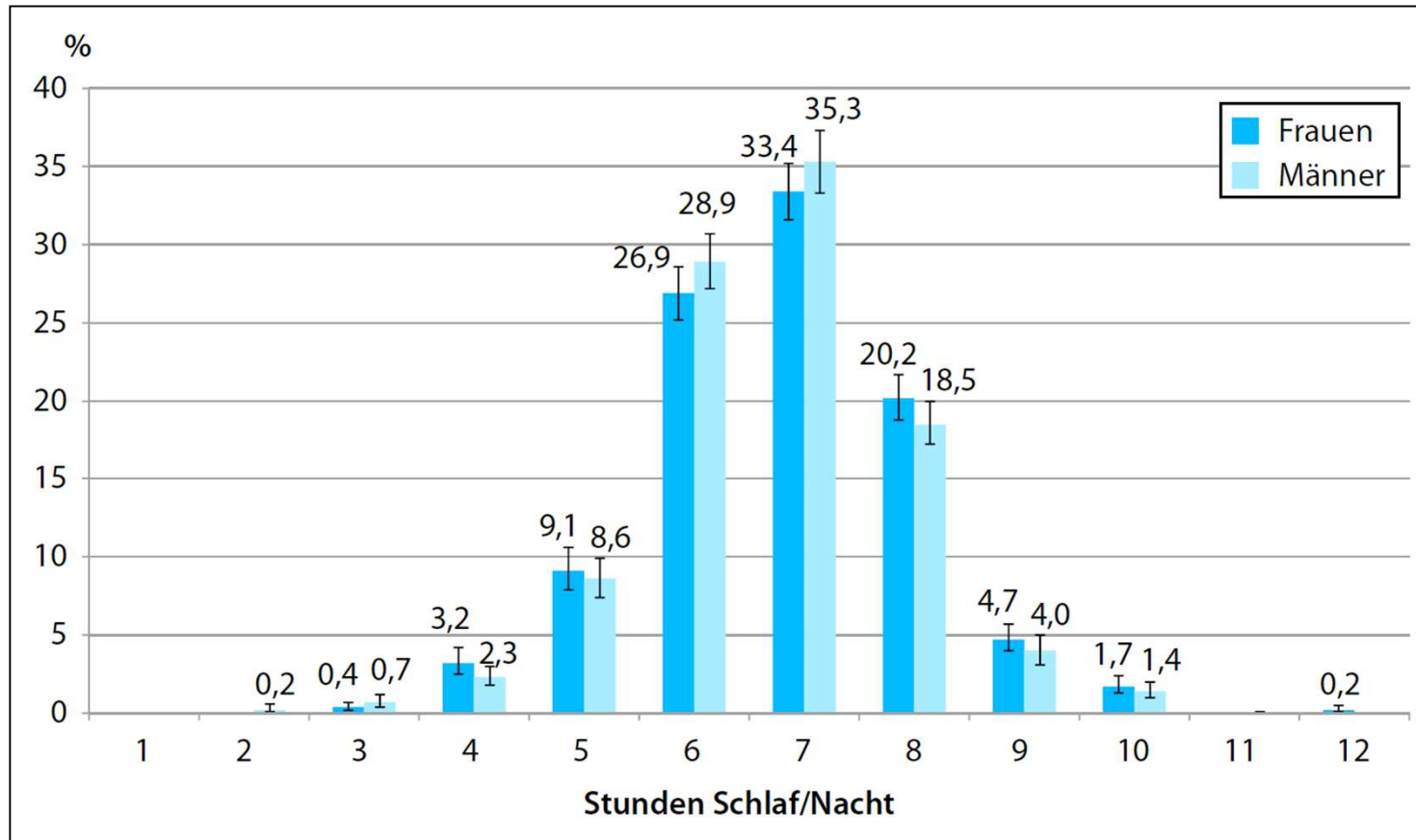
Ausgewählte Einschlusskriterien

- 1. Standardisierte Bettzeit (Schlafdauer 7,5 bis 8,5 Stunden)**
2. keine Nutzung von Ohrstöpseln
3. kein starkes Schnarchen
4. keine Herzrhythmusstörungen
5. Keine chronischen Kopfschmerzen
6. Keine ansteckenden Krankheiten
7. Keine Drogen-, Alkohol- oder Nikotinsucht
8. Keine Antidepressiva oder regelmäßige Schlafmittel
9. Keine Pflasterallergie
10. Kein regelmäßiger Schichtdienst
11. Keine kleinen Kindern (< 6 Jahre) im Haushalt

(vgl. Band 4, Seiten 33-34)



Schlafdauer 7,5 bis 8,5 Stunden



Schlack et al. 2013, RKI

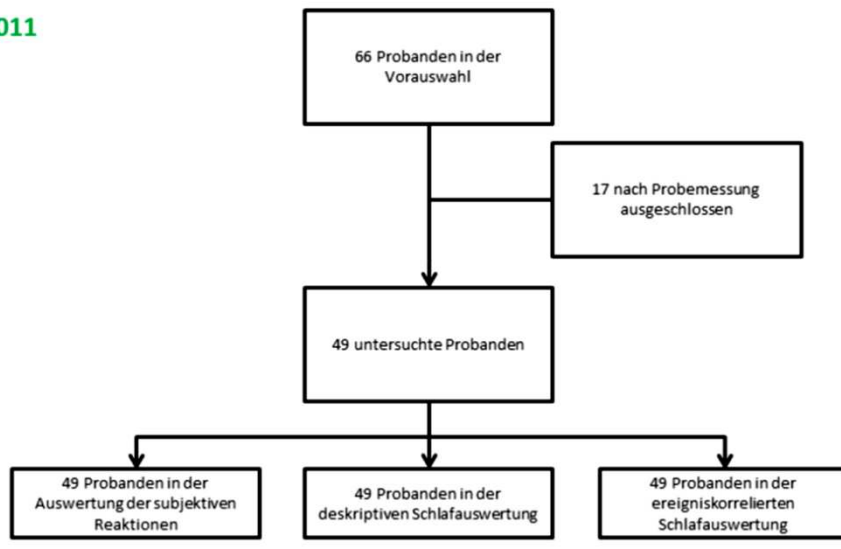


Messperioden 2011-2012

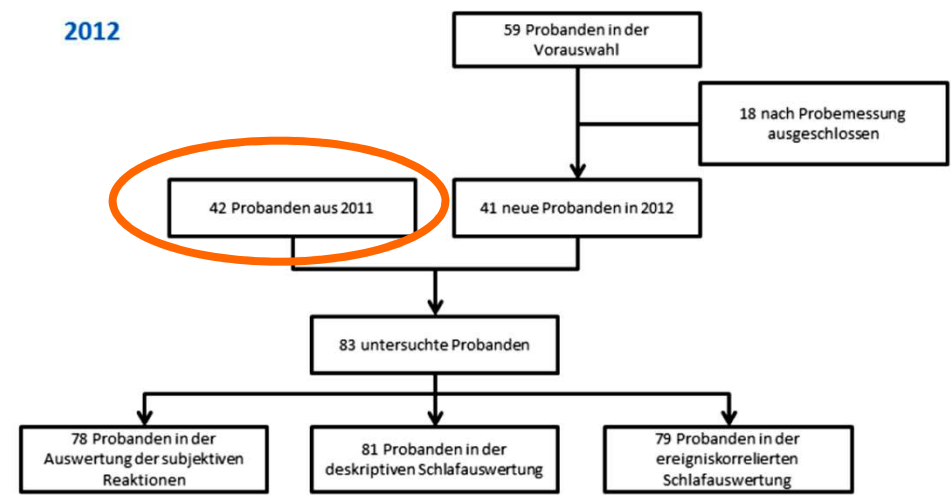
(vor und nach Einführung der Kernruhezeit)

Polysomnografische Schlafaufzeichnungen (Schlaf EEG)

2011



2012



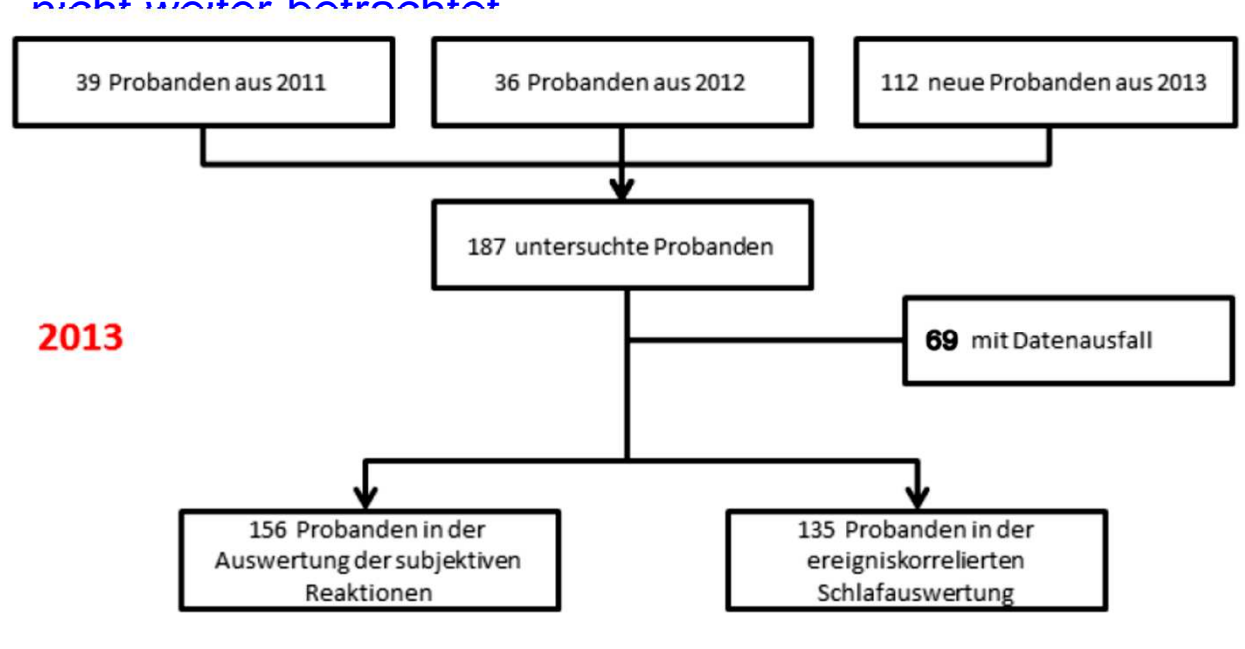
Schematische Darstellung der Anzahl der verwendeten Probandendatensätze im Verlauf des Auswahlverfahrens und der Datenanalyse (vgl. NORAH Band 4, Seiten 37-38)



Messperioden 2013

(nach Einführung der Kernruhezeit)

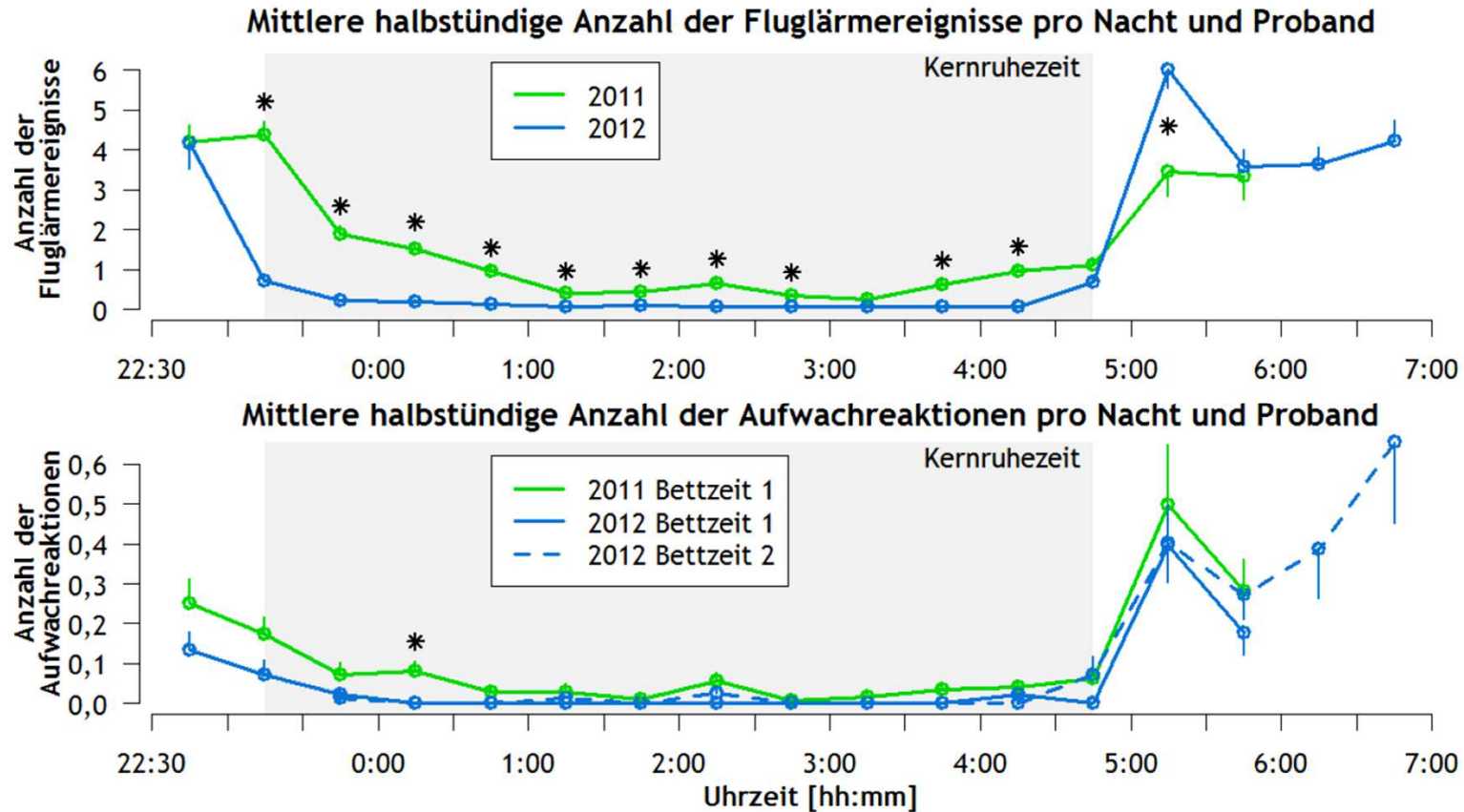
Messung vegetativ-motorischer Reaktionen (Schlaf EKG) systematisch abweichend von Schlaf EEG- Messungen. - wird nicht weiter betrachtet



Schematische Darstellung der Anzahl der verwendeten Probandendatensätze im Verlauf des Auswahlverfahrens und der Datenanalyse (vgl. NORAH Band 4, Seite 39)



Flugereignisse und Aufwachreaktionen



Nächtlicher Verlauf der mittleren Anzahl an Fluglärmereignissen (oberer Teil) und fluglärmassoziierten Aufwachreaktionen (unterer Teil) in halbstündigen Intervallen pro Proband und Nacht (NORAH Band 4, Seite 95)



Aufwachhäufigkeit

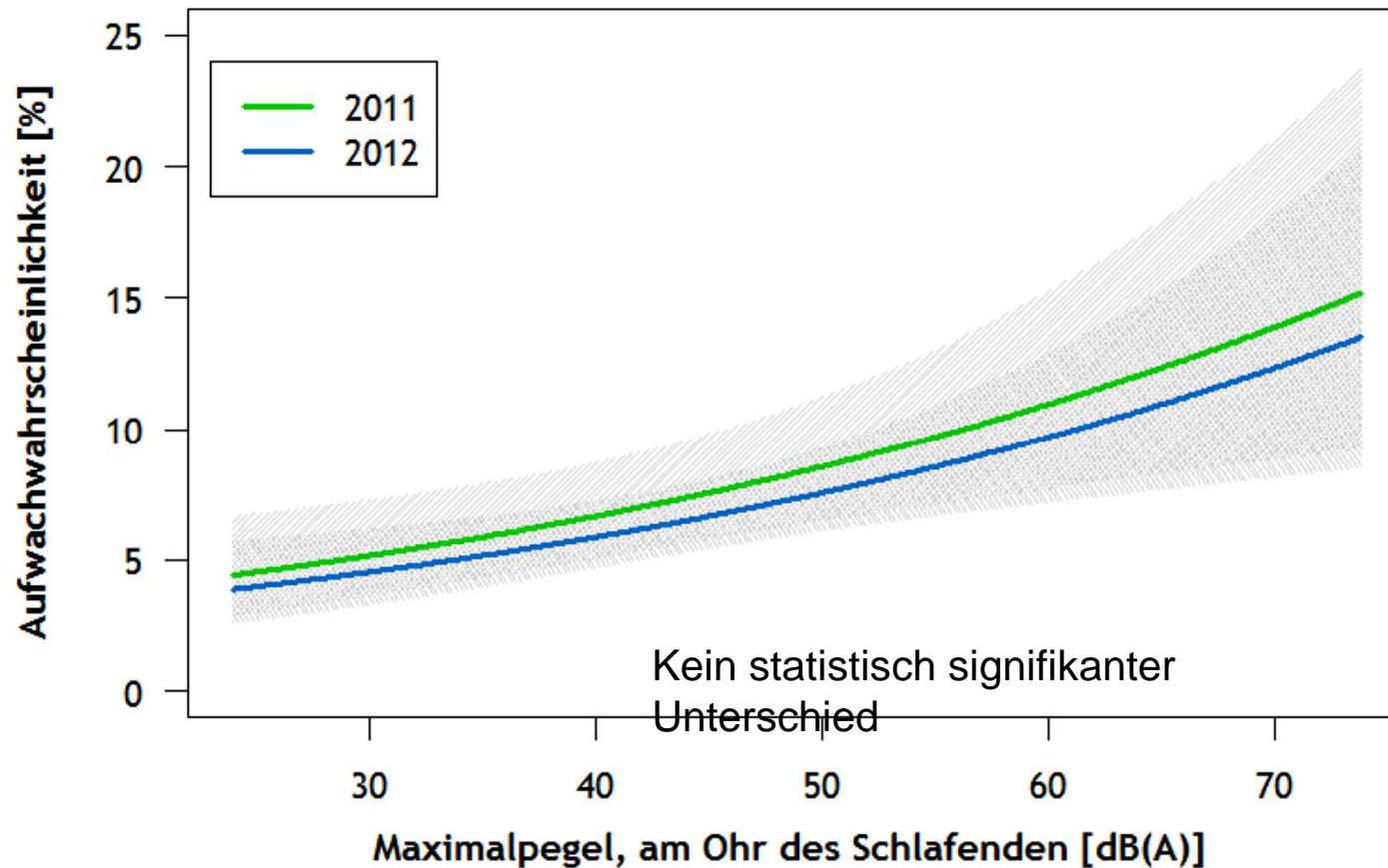
Der Längsschnitt von 2011 auf 2012 zeigt, dass sich mit der Einführung der **Kernruhezeit** und der damit einhergehenden **Verringerung an Überflügen** im betrachteten Nachtzeitraum die fluglärmassoziierte Aufwachhäufigkeit der Probanden pro Nacht in der **Bettzeitgruppe 1** im Mittel **von 2,0 auf 0,8** verminderte.

Die **Bettzeitgruppe 2** hatte dagegen eine mittlere fluglärm-assozierte Aufwachhäufigkeit von **1,9 pro Nacht**. Der Unterschied gegenüber der Bettzeitgruppe 1 ist in der um eine Stunde längeren morgendlichen **Fluglärmexposition** zu sehen.

(vgl. MORAH Band 4, Seite 10)



Aufwachwahrscheinlichkeit

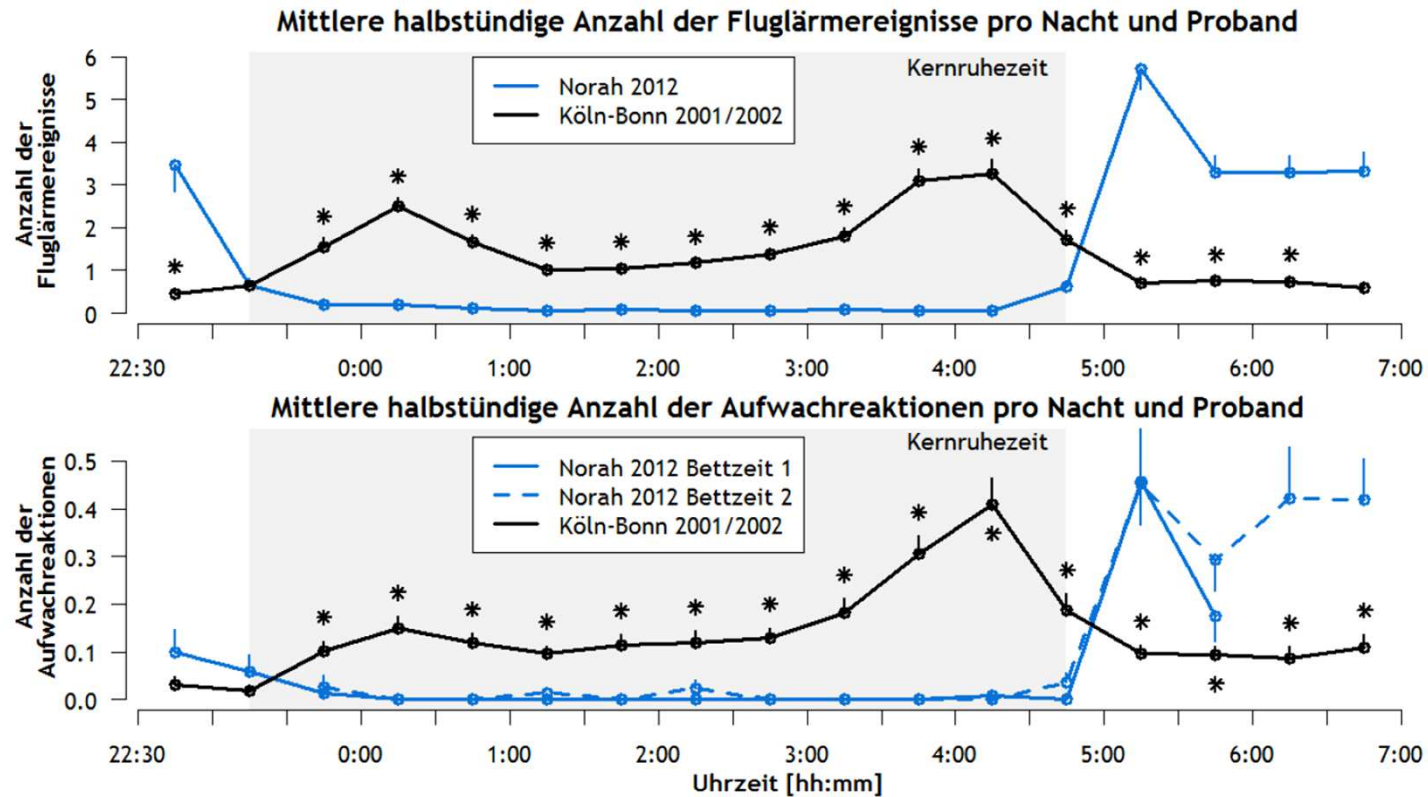


Expositions-Wirkungskurve zwischen maximalem Schalldruckpegel eines Fluglärmereignisses und der Aufwachwahrscheinlichkeit der Probanden am Flughafen Frankfurt in den Jahren 2011 und 2012 (vgl. NORAH Band 4, Seite 102)



Einordnung in den Kenntnisstand

Vergleich mit dem Flughafen Köln-Bonn



Nächtlicher Verlauf der mittleren Anzahl an Fluglärmereignissen (oberer Teil) und fluglärmassoziierten Aufwachreaktionen (unterer Teil) in halbstündigen Intervallen pro Proband und Nacht (NORAH Band 4, Seite 104)



Aufwachwahrscheinlichkeit

Vergleich mit dem Flughafen Köln-Bonn
2001/2002

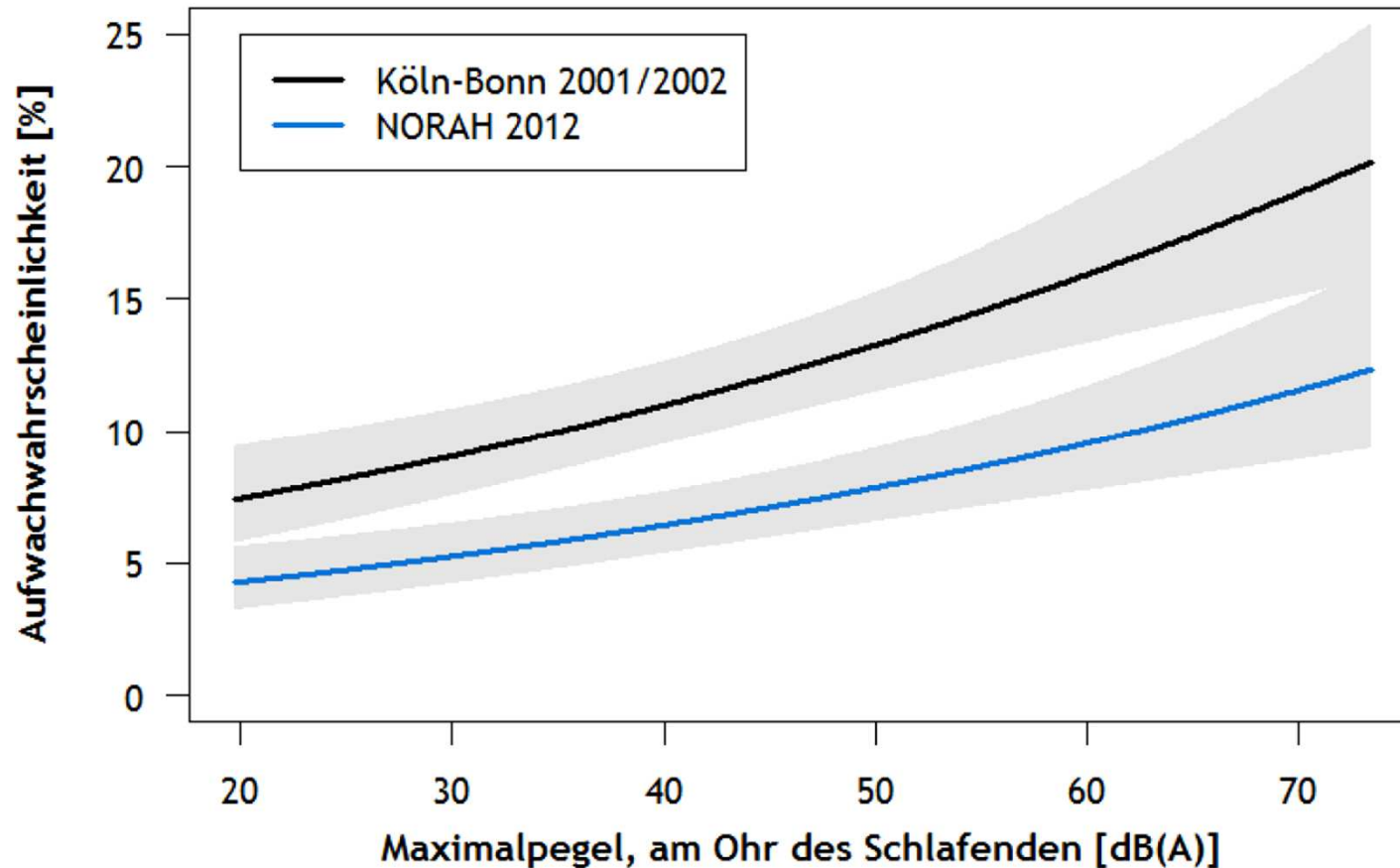
Probanden am Flughafen Köln-Bonn waren in der Nacht signifikant mehr Fluglärmereignissen ausgesetzt und erwachten signifikant häufiger als die Probanden der Bettzeitgruppe 1 am Flughafen Frankfurt.

Probanden am Flughafen Köln-Bonn erwachten auch signifikant häufiger pro Nacht als die Probanden der Bettzeitgruppe 2 am Flughafen Frankfurt.

Expositions-Wirkungskurve zwischen maximalem Schalldruckpegel (vgl. NORAH Band 4, Seite 102)



Aufwachwahrscheinlichkeit



Expositions-Wirkungskurve zwischen maximalem Schalldruckpegel eines Fluglärmereignisses und der Aufwachwahrscheinlichkeit der Probanden an den Flughäfen Frankfurt und Köln-Bonn (vgl. NORAH Band 4, Seite 111)



Fazit

Untersucht wurden hoch selektierte Probanden. Die Schlafunter-suchung liefert demzufolge keine repräsentativen Ergebnisse für den Frankfurter Flughafen.

Der Längsschnitt erlaubt Schlussfolgerungen zur Auswirkung der Kernruhezeit

Mit der Einführung der Kernruhezeit ($L_{Aeq,22-06h}$ 0,6 dB geringer) kann von einer stark verminderte Aufwachhäufigkeit pro Nacht ausgegangen werden (sofern die Probanden bis 6:00 Uhr aufstehen)

Die Kernruhezeit sollte morgens um 1 Stunde verlängert werden, um für etwa 75% der Schlafenden die Aufwachhäufigkeit entsprechend zu vermindern.



Folgerungen

Die Wahrscheinlichkeit, durch ein Überflugeräusch mit gleichem Maximalpegel zu erwachen, war in der Köln-Bonner-Studie signifikant höher als in NORAH-Studie im Jahr 2012 – z.B. bei einem Maximalpegel von 45 dB(A) um 5 % höher.

Expositions-Wirkungsbeziehungen, die am Flughafen Köln-Bonn erhoben wurden, können nicht auf den Flughafen Frankfurt mit Kernruhezeit übertragen werden.

Aus den Ergebnissen lässt sich schlussfolgern, dass die Unterschiede auf den Nachtfluganteil (Kernruhezeit) zurückzuführen sind.



Gesundheitsstudie

Teilnehmer: min. 40jährige Versicherte von 3 gesetzlichen Krankenkassen für die Berichtsjahre 2005-2010

Gesundheitsendpunkte: Ambulante sowie stationäre Diagnosen Herzinfarkt, Schlaganfall, Herzinsuffizienz, depressive Episoden, Brustkrebs (bei Frauen).

Schallpegel: adressgenaue Zuordnung der Exposition aus dem Jahr 2005 über 40 dB in 5 dB-Klassen bzw. kontinuierlich (nächtliche Maximalpegel ≥ 50 dB gesonderte Kategorie)

Auswertung: Odds Ratios (OR) für Neuerkrankungen mittels logistischer Regression (Fall-Kontroll Studie)

adjustiert für Alter, Geschlecht, Bildung, Beruf, SGB II-Quote

Die NOAH-Gesundheitsstudie ist eng an die so genannte Krankenkassenstudie von Prof. Graiser (2002) angelehnt, die dieser im Auftrag des Bundesumweltministeriums durchgeföhrt hat (FKZ 3708 51 101). Über die Graiserstudie hinausgehend wurde eine vertiefende Befragung bei einem Teil der Probanden durchgeföhrt.

(N=1.026.658 etwa 23,3 % der Studienregion)



Vertiefende Befragung

Mit der vertiefenden Befragung wurden potenzielle individuelle Störvariablen erhoben, die nicht oder nicht vollständig in den Krankenkassendaten enthalten sind

z.B. **Bildung, Beruf, Einkommen, Tabakkonsum, Größe und Gewicht, Alkoholkonsum, Nachtschichtarbeit, Arbeitslärm und körperliche Aktivität**

aber auch Lage des Schlafzimmers zur Straße oder zu

einer Bahnstrecke, Fensterstellung im Schlafzimmer.
Individuelle Störvariablen (z.B. Body Mass Index, Tabakkonsum, Alkoholkonsum, Sozialstatus) konnten in der Greiser Krankenkassenstudie nicht oder nur mit „Hilfsvariablen“ berücksichtigt werden.



Probandengewinnung I

Tabelle 2-1: Anzahl an Versicherten ≥ 40 Jahren für die sekundärdatenbasierte Fallkontrollstudie sowie Anzahl auswertbarer Datensätze nach erfolgreicher Verknüpfung mit den Schallpegeln

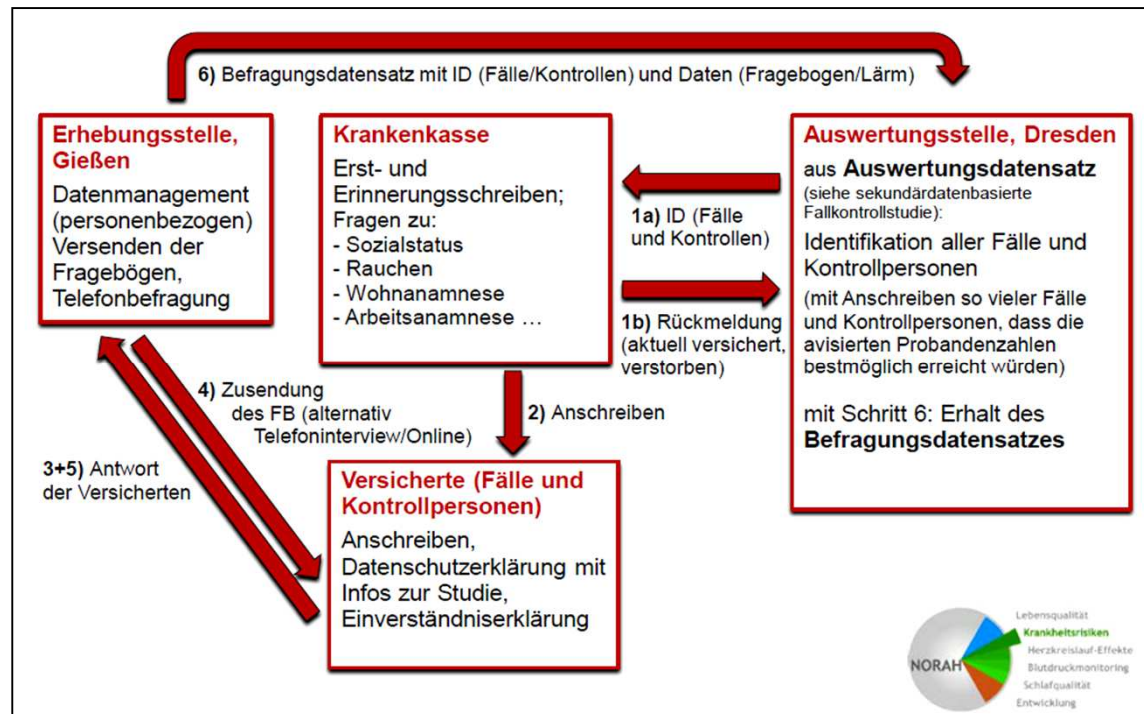
	Gesamt n	Anzahl mit Schallpegeln verknüpft n	%
Gesamt	1.026.670	907.736	*95,1
Krankenkasse 1	640.069	581.498	*99,0
Krankenkasse 2	98.507	69.041	*87,0
Krankenkasse 3	288.094	257.197	89,3

„NORAH“ sieht keine eigenständige effektmodifizierende Bedeutung der Krankenkassen-Zugehörigkeit. Damit wird die externe Validität der Ergebnisse auch bei einem Einbezug von lediglich knapp einem Viertel der „Zielpopulation“ als hoch eingestuft“.

Ob diese Einschätzung zutrifft und auch auf die nicht berücksichtigten privaten Krankenkassen zu übertragen ist, ist zu diskutieren.



Vertiefende Befragung



Titel	Krankenkasse 2	Krankenkasse 1	Krankenkasse 3	gesamt
Anzahl der Anschreiben (n)	15.856	122.812	15.400	154.068
Anzahl der Teilnehmer (n)	1.181	5.689	1.670	8.540
Response in %	7,4	4,6	10,8	5,5%

Vgl. NORAH Band 6, Seiten 60 und 69. Für den Befragungsdatensatz wurden nur nicht verstorbene, inzidente Fälle (Neuerkrankungen) herangezogen.



Ausschluss Selektions-Verzerrung

Bei der unerwartet niedrigen Teilnahmerate könnten die Ergebnisse durch einen Selektions-Bias (stark) verzerrt sein.

Eine Analyse wurde daher nur durchgeführt, wenn:
Vergleichbarkeit der sekundärdatenbasierten Ergebnisse zwischen **allen Fällen und Kontrollpersonen** und den **angeschriebenen Fällen und Kontrollpersonen** gegeben war.

Vergleichbarkeit der sekundärdatenbasierten Ergebnisse zwischen **allen Fällen und Kontrollpersonen** und den **teilgenommenen Fällen und Kontrollpersonen** gegeben war.



Ergebnisse: Flug, Straße, Schiene

Endpunkt	Fluglärm	Straßenverkehrslärm	Schieneverkehrslärm
Herzinfarkt (MI)	0,993 (KI 0,966-1,020)	1,028 (KI 1,012-1,045)	1,023 (KI 1,005-1,042)
Herzinfarkt tödlich	1,032 (KI 0,944-1,071)	1,039 (KI 1,016-1,063)	1,038 (KI 1,012-1,064)
Schlaganfall	0,976 (KI 0,953-1,000)	1,017 (KI 1,003-1,032)	1,018 (KI 1,001-1,034)
Schlaganfall tödlich	0,991 (KI 0,959-1,024)	1,028 (KI 1,008-1,049)	1,030 (KI 1,008-1,052)
Herzinsuffizienz	1,016 (KI 1,003-1,030)	1,024 (KI 1,016-1,032)	1,031 (KI 1,022-1,041)
Herzinsuffizienz tödlich	1,031 (KI 1,008-1,055)	1,039 (KI 1,025-1,054)	1,048 (KI 1,032-1,064)
Depressive Episoden	1,089 (KI 1,074-1,104)	1,041 (KI 1,032-1,050)	1,039 (KI 1,029-1,049)

Odds Ratio für eine Risikoerhöhung pro 10 dB Anstieg für kontinuierliche Pegel ($L_{Aeq,24h}$); Basismodell 3: adjustiert für Geschlecht, Bildung und Beruf (aus Tätigkeitskennzeichen), SGB II-Anteil (Quintile); die 95%-Konfidenzintervalle sind in Klammern dargestellt. Gelb unterlegte Zellen beinhalten statistisch signifikante Ergebnisse



Ergebnisse: Frauen, Männer

Endpunkte		Fluglärm	Straßenverkehrslärm	Schienenverkehrslärm
Herzinfarkt (MI)	Frauen	0,993 (KI 0,930-1,034)	1,016 (KI 0,991-1,042)	1,029 (KI 1,001-1,058)
	Männer	0,993 (KI 0,958-1,030)	1,034 (KI 1,021-1,057)	1,014 (KI 0,990-1,039)
Schlaganfall	Frauen	0,959 (KI 0,928-0,991)	1,015 (KI 0,995-1,035)	1,016 (KI 0,994-1,038)
	Männer	0,997 (KI 0,962-1,033)	1,018 (KI 0,996-1,040)	1,015 (KI 0,991-1,040)
Herzinsuffizienz	Frauen	1,021 (KI 1,002-1,039)	1,022 (KI 1,011-1,033)	1,047 (KI 1,035-1,060)
	Männer	1,011 (KI 0,991-1,031)	1,024 (KI 1,012-1,036)	1,010 (KI 0,997-1,024)
Depressive Episoden	Frauen	1,092 (KI 1,073-1,111)	1,040 (KI 1,029-1,052)	1,039 (KI 1,027-1,051)
	Männer	1,086 (KI 1,060-1,112)	1,040 (KI 1,025-1,055)	1,040 (KI 1,023-1,057)

Odds Ratio für eine Risikoerhöhung pro 10 dB Anstieg für kontinuierliche Pegel ($L_{Aeq,24h}$); Basismodell 3: adjustiert für Geschlecht, Bildung und Beruf (aus Tätigkeitskennzeichen), SGB II-Anteil (Quintile); die 95%-Konfidenzintervalle sind in Klammern dargestellt. Gelb unterlegte Zellen beinhalten statistisch signifikante Risikoerhöhungen, grüne Zellen statistisch signifikante Risikominderungen.



Einordnung int. Kenntnisstand

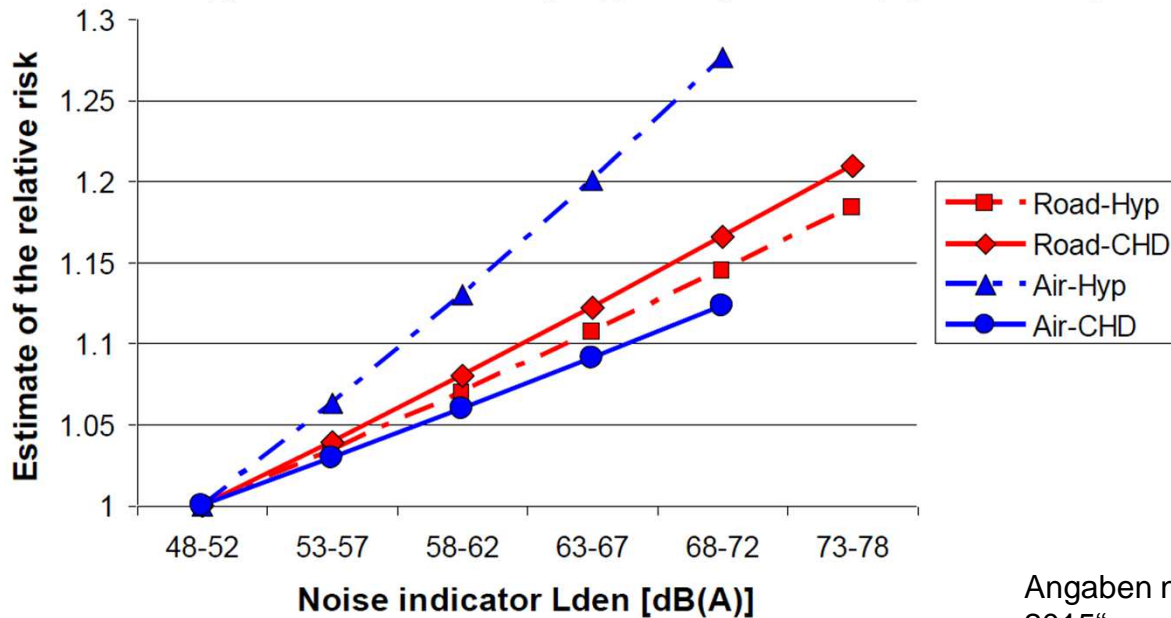
Koronare Herzkrankheit (CHD)

Road Traffic Noise (14 Studien) – **Babisch (2014)**

L_{den} : range ~ 53-78 dB(A), $OR_{pro\ 10\ dB(A)} = 1.08$ (95% CI = 1.04 - 1.13)

Aircraft Noise (3 Studien) - **Vienneau et al. (2015)**

L_{den} : range ~ 48-68 dB(A), $RR_{pro\ 10\ dB(A)} \sim 1.06$ (95% CI = 1.04-



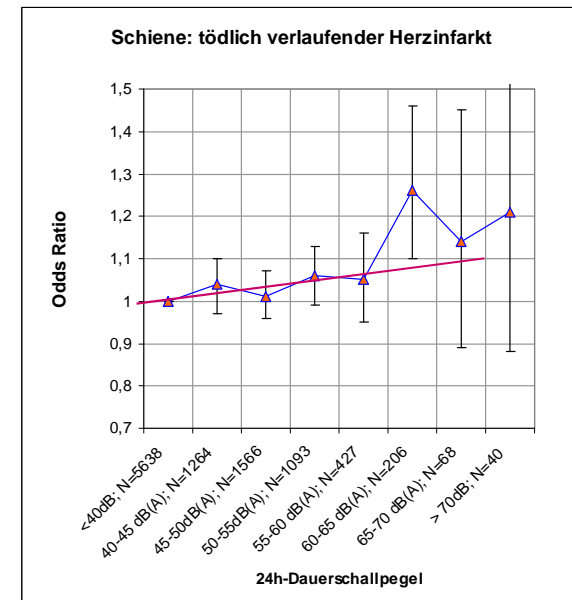
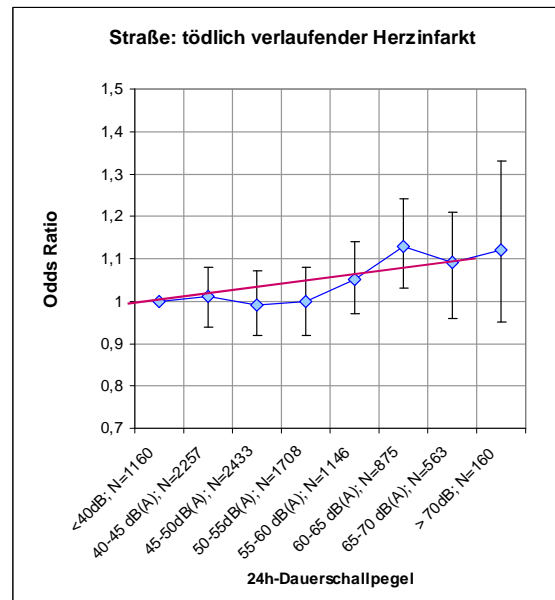
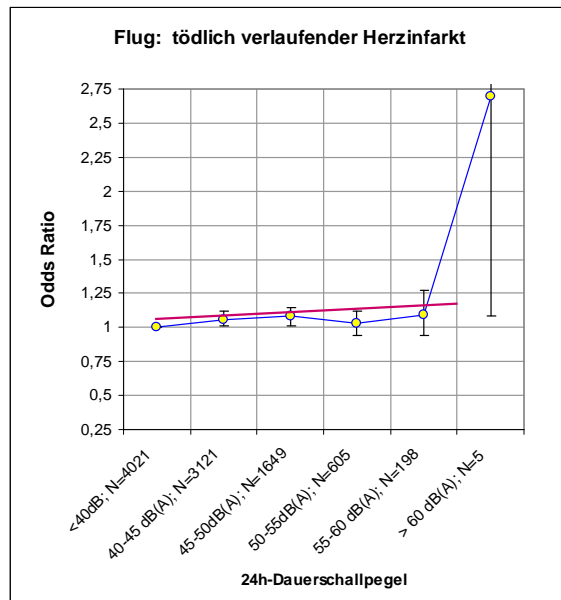
Angaben nach Babisch „ASA 2015“



Ergebnisse: tödlicher Herzinfarkt

Odds Ratio für klassierte Pegel am Tag ($L_{Aeq,24h}$)

Die fehlende Signifikanz für den Trend bei Fluglärm ist wahrscheinlich auf die geringe Besetzung höherer Pegelklassen zurückzuführen.



Basismodell 3: adjustiert für Geschlecht, Bildung und Beruf (aus Tätigkeitskennzeichen), SGB II-Anteil (Quintile); die Ergebnisse für kontinuierliche Pegel sind nur qualitativ (rote Linien) dargestellt (nach NORAH-Studie Band 6, Kapitel

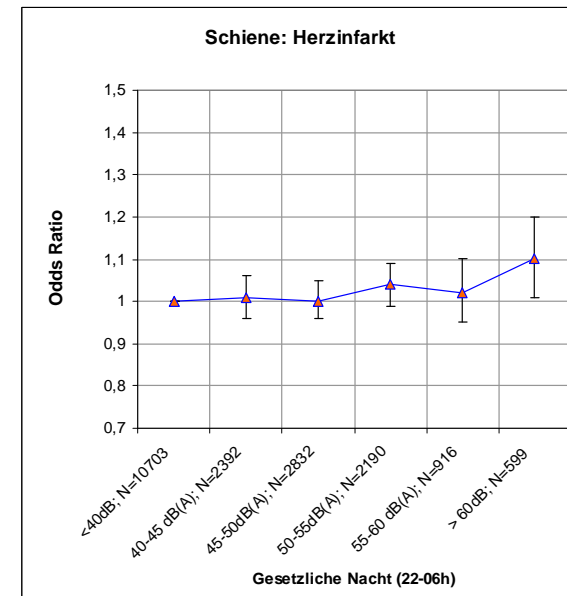
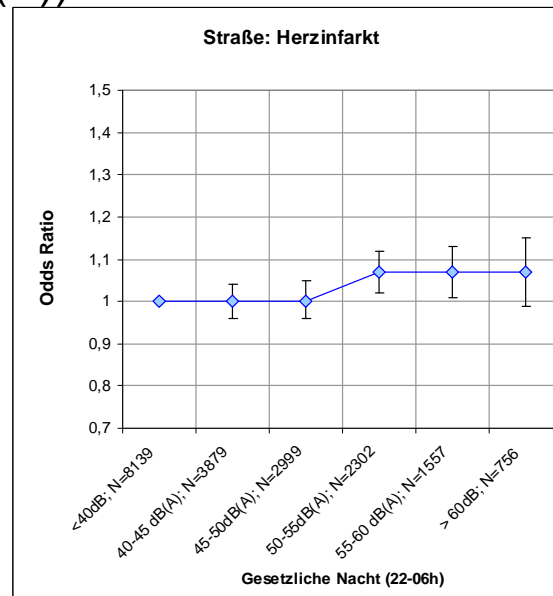
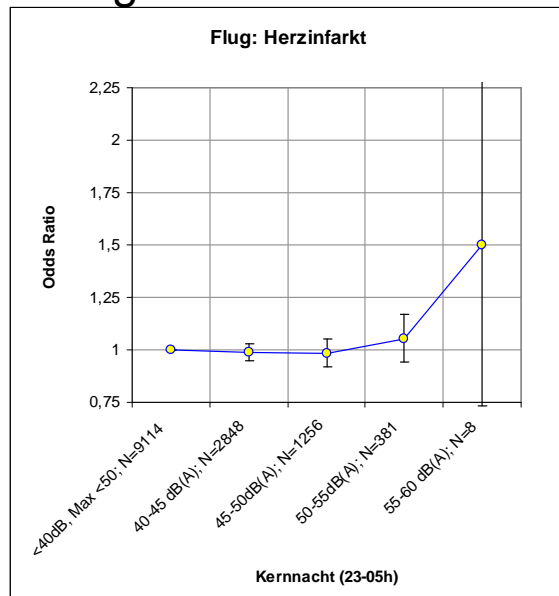
„Statistische Auswertungen“)



Ergebnisse: Herzinfarkt

Odds Ratio für klassierte Pegel in der Nacht ($L_{Aeq,6-8h}$)

Die fehlende Signifikanz beim Fluglärm ist wahrscheinlich auf die geringe Besetzung höherer Pegelklassen zurückzuführen (6 Personen in der Pegelklasse 55 bis 60dB(A)).



Basismodell 3: adjustiert für Geschlecht, Bildung und Beruf (aus Tätigkeitskennzeichen), SGB II-Anteil (Quintile) (nach NORAH-Studie Band 6, Kapitel „Statistische Auswertungen“)



Weitere ausgewählte Ergebnisse

Beim Schlaganfall und bei der Herzinsuffizienz weisen statistisch signifikant erhöhte Risikoschätzer darauf hin, dass bei Fluglärm-Maximalpegeln über 50 dB auch dann bereits fluglärmbezogene Krankheitsrisiken bestehen können, wenn der Dauerschallpegel unter 40 dB liegt.

Bei langjährig „konstanter“ Wohnadresse tendenziell höhere Risikoschätzer (bei mehreren Krankheitsbildern).

Die Berücksichtigung der Innenraumpegel zeigte beim Herzinsuffizienz-Risiko für alle drei Verkehrslärm-Arten deutlichere Risikoerhöhungen gegenüber der Berücksichtigung der Außenpegel.



Fazit

Die Durchführung der NORAH-Gesundheitsstudie ist fachlich nicht zu beanstanden.

Alle untersuchten Erkrankungen sind positiv mit der Lärmbelastung assoziiert, erreichen jedoch nicht immer statistische Signifikanz.

Die Analysen leiden bei **Fluglärm** an **gering besetzten höheren Pegelklassen** (Auswirkungen der eingeschränkten Beteiligung der Krankenkassen?).

Der Gesundheitsendpunkt mit dem höchsten Fluglärmrisiko, die Hypertonie, wurde nicht untersucht (warum?)

Die Studie liefert eine Vielzahl von neuen Informationen (insbeson-dere zu Auswirkungen von hohen

Maximalbedeln) die detailliert ausgewertet und beurteilt



Folgerungen

Die Ergebnisse der NORAH-Krankenkassenstudie bestätigen den internationalen Kenntnisstand, dass chronischer Verkehrslärm oberhalb von $L_{den} = 50\text{dB(A)}$ ein Gesundheitsrisiko darstellen kann.

Die Ergebnisse der NORAH-Krankenkassenstudie müssen mit den internationalen Studien zusammengefasst werden (Metaanalyse).

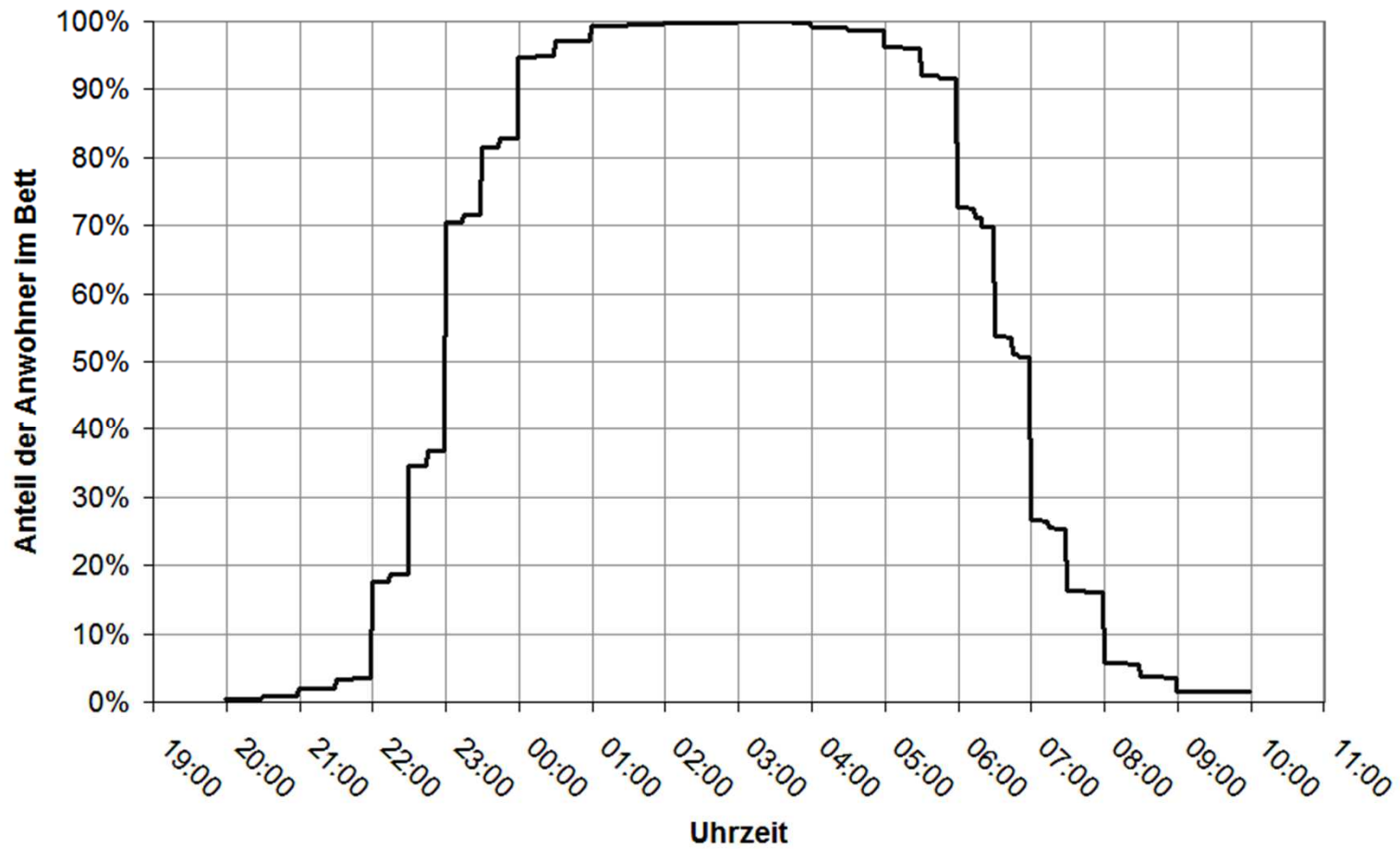
Der internationale Kenntnisstand einschließlich der Ergebnisse der NORAH-Krankenkassenstudie sind bei der Novellierung des Fluglärmggesetzes (2017) zu berücksichtigen (Tag- und Nachtschutz).



Hilfsfolien



Bettzeiten im Umfeld FRA



Basner et al. 2007