

## ORIGINALARBEIT

# Herzinfarkttrisiko durch Flug-, Straßen- und Schienenverkehrslärm

Ergebnisse einer sekundärdatenbasierten Fallkontrollstudie

Andreas Seidler, Mandy Wagner, Melanie Schubert, Patrik Dröge, Jörn Pons-Kühnemann, Enno Swart, Hajo Zeeb, Janice Hegewald

## ZUSAMMENFASSUNG

**Hintergrund:** Verkehrslärm kann Stressreaktionen auslösen, die sich wiederum auf das Herz-Kreislauf-System auswirken können. Ungeklärt ist die Frage nach der genauen Expositions-Risiko-Beziehung zwischen Flug-, Straßen- und Schienenverkehrslärm und dem Herzinfarkt.

**Methode:** Im Rhein-Main-Gebiet wurden 19 632 Patienten mit der Diagnose Herzinfarkt zwischen 2006 und 2010 mit 834 734 Kontrollpersonen verglichen. Die Einteilung der Gruppen basierte auf Abrechnungs- und Verordnungsdaten von drei Gesetzlichen Krankenkassen. Alle Versicherten wurden adressgenau der Exposition gegenüber Straßen-, Schienenverkehrs- und Fluglärm im Jahr 2005 zugeordnet. Als Risikoschätzer wurden mittels logistischer Regressionsanalyse Odds Ratios (OR) berechnet, adjustiert für Alter, Geschlecht, regionale Sozialstatusvariable und individuellen Sozialstatus (soweit verfügbar). Die Auswertungen erfolgten auf der Grundlage der kontinuierlichen 24-Stunden-Dauerschallpegel und der kategorisierten Schallpegel (5 dB-Klassen).

**Ergebnisse:** Im linearen Modell findet man einen statistisch signifikanten Risikoanstieg bei Straßen- (2,8 % pro 10 dB Pegelanstieg; 95%-Konfidenzintervall: [1,2; 4,5]) und Schienenverkehrslärm (2,3 % pro 10 dB Pegelanstieg; [0,5; 4,2]), nicht jedoch bei Fluglärm. Fluglärmpegel ab 60 dB sind mit einem erhöhten Herzinfarkttrisiko (OR: 1,42; [0,62; 3,25]) verbunden. Bei Einschränkung auf die bis 2014/2015 verstorbenen Herzinfarktpatienten erreicht das Risiko eine statistische Signifikanz (OR: 2,70; [1,08; 6,74]). In dieser Subgruppe waren die Risikoschätzer bei allen 3 Verkehrslärmarten mit 3,2 bis 3,9 % pro 10 dB Pegelanstieg vergleichbar hoch.

**Schlussfolgerung:** In dieser Studie war ein großer Teil der Bevölkerung Verkehrslärmpegeln ausgesetzt, die mit einer – wenngleich geringen – Risikoerhöhung für einen Herzinfarkt verbunden waren. Dies unterstreicht die Bedeutung einer wirksamen Prävention von Verkehrslärm.

### ► Zitierweise

Seidler A, Wagner M, Schuber Mt, Dröge P, Pons-Kühnemann J, Swart E, Zeeb H, Hegewald J: Myocardial infarction risk due to aircraft, road and rail traffic noise—results of a case-control study based on secondary data. Dtsch Arztebl Int 2016; 113: 407–14. DOI: 10.3238/arztebl.2016.0407

Verkehrslärm kann komplexe psychische und physiologische Stressreaktionen auslösen. Für Auswirkungen des Verkehrslärms auf das Herz-Kreislauf-System wird insbesondere die Aktivierung des sympathischen Nervensystems, daneben auch die Aktivierung der Hypothalamus-Hypophysen-Nebennierenrinden-Achse verantwortlich gemacht (1). Die Weltgesundheitsorganisation WHO schätzt, dass im westlichen Teil Europas mindestens eine Million um Beeinträchtigungen bereinigte verlorene Lebensjahre („disability-adjusted life years“, DALY) auf Verkehrslärm-induzierte Erkrankungen zurückzuführen sind (2). Unter DALY versteht man die Summe aus den verlorenen Lebensjahren durch vorzeitigen Tod und den mit einer krankheitsbedingten Beeinträchtigung verbrachten Lebensjahren, wobei schwere Beeinträchtigungen höher gewichtet werden als leichte Beeinträchtigungen.

Mehrere Studien haben den Zusammenhang zwischen Verkehrslärm und Herz-Kreislauf-Erkrankungen untersucht. In ihr kürzlich veröffentlichtes systematisches Review mit Metaanalyse bezogen Vienneau und Mitarbeiter (3) drei Studien zum Zusammenhang zwischen Fluglärm und einer ischämischen Herzerkrankung einschließlich eines Herzinfarktes ein (4–6). Im Ergebnis wurde ein gepooltes relatives Risiko von 1,06 (95%-Konfidenzintervall [95%-KI]: [1,04–1,08]) pro 10 dB  $L_{DEN}$  Fluglärm oder Straßenverkehrslärm errechnet. Als  $L_{DEN}$  bezeichnet man den gewichteten Tag-Abend-Nacht-Pegel, bei dem ein Zuschlag von 5 dB für die Abendstunden und von 10 dB für die Nachtstunden aufsummiert wird. Im genannten systematischen Review von Vienneau et al. (3) wurden unterschiedliche Mittelungspegel auf den  $L_{DEN}$  umgerechnet; beispielsweise wurden zum 24-Stunden-Dauerschallpegel 1,5 dB addiert, um den  $L_{DEN}$  abzuschätzen.

Ausgesprochen spärlich ist demgegenüber die Erkenntnislage zum Einfluss des Schienenverkehrslärms. In einer schwedischen Studie fanden Eriksson und Mitarbeiter einen statistisch nicht signifikanten Zusammenhang zwischen Schienenverkehrslärm und der selbst berichteten ärztlichen Diagnose einer koronaren Herzkrankheit (7).

Wissenschaftlich ungeklärt ist derzeit die Frage nach der genauen Expositions-Risiko-Beziehung zwischen Fluglärm, Straßenverkehrslärm sowie Schienenver-

Medizinische Fakultät Carl Gustav Carus der TU Dresden, Institut und Poliklinik für Arbeits- und Sozialmedizin, Dresden: Prof. Dr. med. Seidler, MPH; Dr. rer. nat. Wagner, MSc; Dr. rer. nat. Schubert, Dröge, MPH; Dr. rer. biol. hum. Hegewald

Justus-Liebig-Universität Gießen: Dr. agr. Pons-Kühnemann

Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg: Dr. rer. biol. hum. Swart

Leibniz-Institut für Präventionsforschung und Epidemiologie – BIPS GmbH, Bremen: Prof. Dr. med. Zeeb, MSc

kehrslärm und definierten Herz-Kreislauf-Erkrankungen wie dem Herzinfarkt. Mit der vorliegenden Fallkontrollstudie möchten wir dazu beitragen, diese Forschungslücke zu schließen. Der vollständige wissenschaftliche Bericht ist im Internet verfügbar (8).

## Methode

Eine ausführliche Darstellung der Methoden ist im *eKasten 1* zu finden.

### Studienregion und -population

Die Studienregion umfasste den Regierungsbezirk Darmstadt, die rheinhessischen Städte Mainz und Worms sowie die Landkreise Mainz-Bingen und Alzey-Worms (*Grafik*). Der Studienpopulation gehörten alle über 40-jährigen Versicherten von drei großen gesetzlichen Krankenversicherungen im Studiengebiet an ( $n = 1\,026\,670$ ).

### Lärmexposition im Untersuchungsgebiet

Vom Ingenieurbüro Möhler und Partner Ingenieure AG wurden für das Untersuchungsgebiet adressgenaue Außenpegel von Fluglärm, Straßen- und Schienenverkehrslärm für das Jahr 2005 bereitgestellt (9). Die Verkehrslärmpegel wurden entsprechend dem aktuellen gesetzlichen Regelwerk berechnet (10–12). Weitere Einzelheiten zu der Verkehrslärberechnung sind im *eKasten 2* zu finden. In *Tabelle 1* sind zur besseren Einordnung der Verkehrslärmpegel einige Beispiele für Geräuschquellen mit dazugehörigen Lärmpegeln in Dezibel (dB) angegeben.

### Verknüpfung der Diagnose- mit den Lärmdaten

Die teilnehmenden Krankenkassen lieferten für die Auswahl der Herzinfarktfälle und der Kontrollpersonen ohne Herzinfarkt pseudonymisierte Abrechnungsdaten an die Auswertestelle in Dresden. Die Verknüpfung der Lärmdaten mit den Adressdaten der Versicherten erfolgte durch eine externe Vertrauensstelle. Bei 95,5 % der Versicherten ( $n = 907\,736$ ) konnten die Lärmdaten erfolgreich mit den Adressdaten verknüpft werden.

### Fälle mit Herzinfarkt ( $n = 19\,632$ )

Um für die sekundärdatenbasierte Fallkontrollstudie bestmöglich inzidente Fälle zu berücksichtigen und prävalente Fälle auszuschließen, wurden lediglich Patienten als Fälle einbezogen, bei denen ein akuter Herzinfarkt (ICD-10: I21; *Tabelle 2*) während des Berichtszeitraums 2006 bis 2010 – also nach der gemessenen Exposition – kodiert worden war (13).

### Kontrollpersonen ( $n = 834\,734$ )

Als Kontrollpersonen wurden alle Versicherten in die Studie eingeschlossen, die keine Herzinfarkt-Diagnose (auch keine gesicherte ambulante) im verfügbaren Berichtszeitraum von 2005 bis 2010 hatten, im Jahre 2010 – beziehungsweise im Jahr des Ausscheidens aus dem Versicherungsverhältnis – mindestens 40 Jahren alt waren und mindestens vier Quartale im gesamten Berichtszeitraum versichert waren.

### Statistische Analysen

Mittels logistischer Regressionsanalyse wurden die Odds Ratios (OR) als Effektschätzer der relativen Erkrankungsrisiken mit 95-%-Konfidenzintervallen berechnet. Bei der Analyse der kategorisierten Schallpegel (5 dB-Klassen) wurden Personen, die einem 24-Stunden-Dauerschallpegel  $< 40$  dB ausgesetzt waren, der Referenzkategorie zugeordnet; beim Fluglärm wurden Personen, die einem 24-Stunden-Dauerschallpegel  $< 40$  dB und einem nächtlichen Maximalpegel  $\geq 50$  dB unterlagen, aus der Referenzkategorie ausgeschlossen und in einer eigenen Kategorie analysiert. In einer zusätzlichen Analyse wurden nur diejenigen Personen der Referenzkategorie zugeordnet, die keinem Verkehrslärm von  $\geq 40$  dB ausgesetzt waren. Ferner wurden die kontinuierlichen Dauerschallpegel als linearer Term in die logistischen Regressionsanalysen aufgenommen.

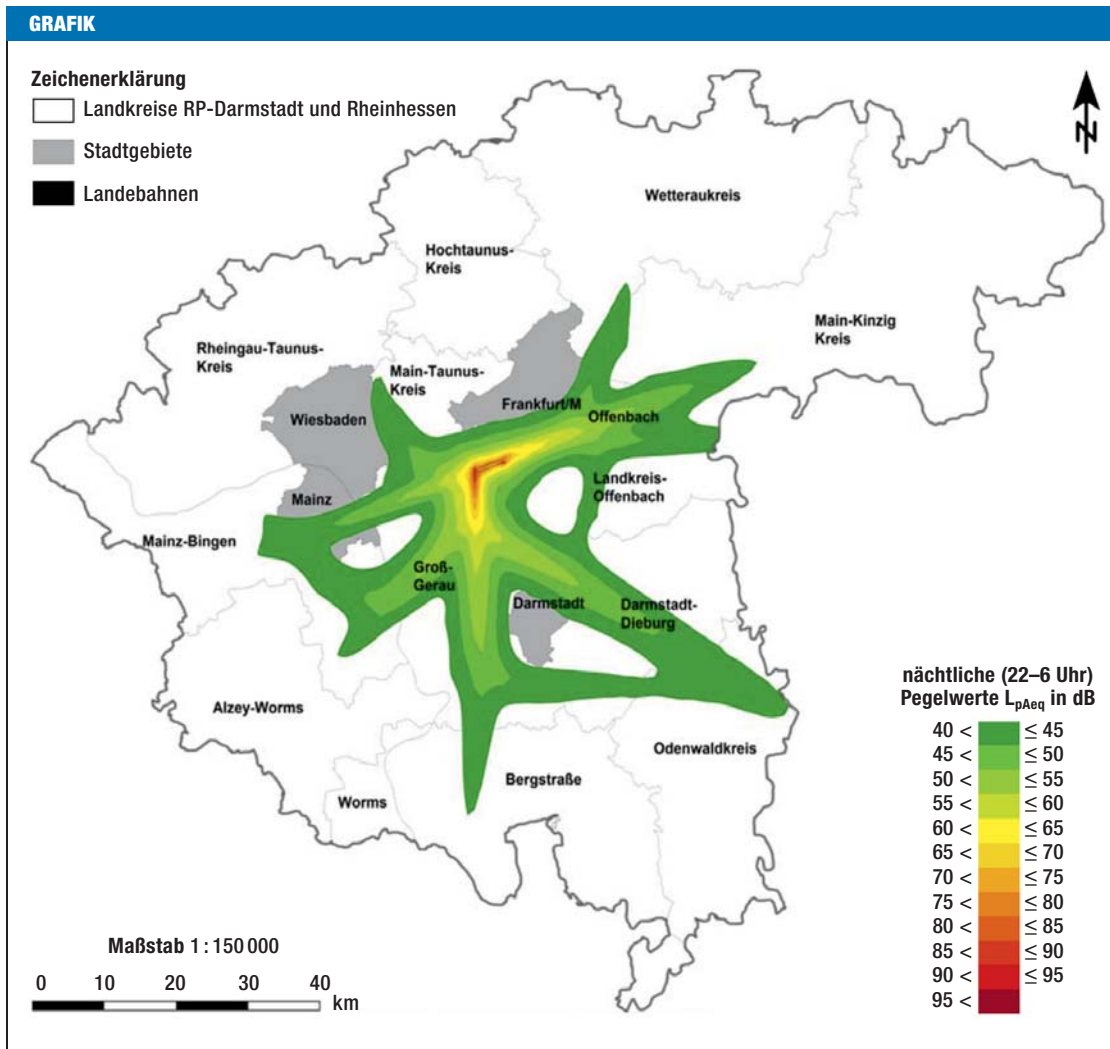
In eine Subgruppenanalyse wurden ausschließlich diejenigen Herzinfarktfälle (diagnostiziert 2006–2010) einbezogen, die bis zum Jahr 2014/15 verstorben waren (unabhängig von der Todesursache). Grundsätzlich wurden die verschiedenen Verkehrslärmarten in separaten Modellen betrachtet. In einer zusätzlichen Analyse wurden die drei Verkehrslärmarten gemeinsam in ein logistisches Regressionsmodell aufgenommen.

### Confounder

Als Confounder wurden Alter, Geschlecht und Sozialstatus in den statistischen Analysen berücksichtigt. Als aggregierte Sozialstatusvariable wurde bei allen Fällen und Kontrollpersonen die (stadt- beziehungsweise landkreisbezogene) Sozialgesetzbuch(SGB)-II-Quote in die logistischen Regressionsmodelle aufgenommen. Soweit die fünfstelligen Tätigkeitskennzeichen verfügbar waren, wurde zusätzlich für die individuelle Bildung (für 29,4 % der einbezogenen Versicherten verfügbar) und für die Berufseinteilung nach Blossfeld (14) (verfügbar bei 32,4 %) adjustiert. In eine Subanalyse wurden nur diejenigen Versicherten einbezogen, bei denen der individuelle Sozialstatus (individueller Bildungsstand und/oder Beruf) bekannt war.

### Ergebnisse

Die Charakteristika der Fälle und Kontrollpersonen sind in *eTabelle 1* aufgeführt. Die bevölkerungsbezogen höhere Herzinfarktinzidenz bei Männern spiegelt sich darin wider, dass 56,5 % der Herzinfarktpatienten, jedoch nur 43,4 % der Kontrollpersonen männlichen Geschlechts sind. Patienten mit der Diagnose Herzinfarkt (medianes Alter 74 Jahre, Interquartilabstand 65–82 Jahre) sind erwartungsgemäß durchschnittlich älter als die Kontrollpersonen (medianes Alter 60 Jahre, Interquartilabstand 48–72 Jahre). Von den Herzinfarktpatienten mit bekanntem Bildungsstand weisen 23 %, von den entsprechenden Kontrollpersonen 17% Abitur be-



**Luftverkehrsgeräusche in der Zeit von 22 bis 6 Uhr im Jahr 2005**

Untersuchungsregion der sekundärdatenbasierten Fallkontrollstudie (grau umrandet) mit Darstellung der Dauerschallpegelkonturen beispielhaft für die nächtliche Fluglärmexposition im Jahr 2005 (modifiziert nach [8]); Gebiete, die im Jahr 2005 nächtliche (22 bis 6 Uhr) Mittelungspegel  $L_{pAeq}$  des Luftverkehrslärms unter 40 dB aufwiesen, sind weiß dargestellt. RP, Regierungsbezirk; pAeq, energieäquivalenter Dauerschallpegel

ziehungsweise einen Hochschulabschluss auf. Die regionale SGB-II-Quote ist bei Fällen mit Herzinfarkt und Kontrollpersonen vergleichbar.

**Zusammenhang zwischen Fluglärm und Herzinfarkt**

Bis zu einem Fluglärmpegel von 55 dB liegen die Effektschätzer bei einem Wert um 1 (Tabelle 3). Die Odds Ratio (OR) steigt auf 1,42 (95%-KI: [0,62; 3,25]) in der höchsten Pegelstufe von > 60 dB, erreicht aber bei geringen Fallzahlen keine statistische Signifikanz. Für Personen, die einem nächtlichen maximalen Schalldruckpegel von über 50 dB bei einem 24-Stunden-Dauerschallpegel von < 40 dB ausgesetzt sind, beträgt die OR 1,05 (95%-KI: [0,98; 1,11]). Wenn die 24-Stunden-Dauerschallpegel als kontinuierliche Variable in das logistische Regressionsmodell aufgenommen

werden, ergibt sich keine statistisch signifikante Risikoveränderung.

In allen Nachtzeitbereichen liegen in den Pegelstufen bis < 50 dB die Effektschätzer bei einem Wert um 1. In höheren Pegelstufen sind die Risikoerhöhungen statistisch nicht signifikant. Werden einzelne Stunden analysiert, so zeigt sich ein statistisch signifikant erhöhtes Herzinfarktrisiko lediglich für die Zeit zwischen 5 und 6 Uhr bei einem Fluglärmpegel zwischen 55 bis < 60 dB (OR: 1,25; 95%-KI: [1,05; 1,48]); die entsprechende OR für die Zeit zwischen 6 und 7 Uhr ist statistisch grenzwertig signifikant (OR: 1,12; 95%-KI: [1,00; 1,25]). Die Analyse der nächtlichen Maximalpegel weist für Lärm im Bereich zwischen 70 und 80 dB einen statistisch nicht signifikant erhöhten Risikoschätzer für einen Herzinfarkt auf (OR: 1,07; 95%-KI: [0,96; 1,19]).

**TABELLE 1**

Beispiele für Geräuschquellen mit dazugehörigen Lärmpegeln in Dezibel (dB)\*

Geräuschart	Lautstärke
Ticken einer leisen Uhr, feiner Landregen, Flüstern	30 dB
nahes Flüstern, ruhige Wohnstraße	40 dB
Unterhaltungssprache	50 dB
Unterhaltungssprache in 1 m Abstand, Bürolärm	60 dB
laute Unterhaltung, Rufen, Pkw in 10 m Abstand	70 dB
Straßenlärm bei starkem Verkehr	80 dB
laute Fabrikhalle	90 dB
Autohupen in 7 m Abstand	100 dB

\*Der Schalldruck wird auf einer logarithmischen Skala in Dezibel (dB) angegeben, die Hörschwelle liegt bei 0 dB. Eine Änderung des Schalldruckpegels um 10 dB entspricht etwa einer Verdopplung bzw. Halbierung der subjektiv empfundenen Lautstärke. Mit dem Schalldruckpegel variiert auch die mit dem Schall transportierte Energie. Der in der vorliegenden Studie zugrunde gelegte energieäquivalente Dauerschallpegel ( $L_{\text{pAeq}}$ ) wird so gewählt, dass er – als konstanter Schalldruckpegel betrachtet – den gleichen Energieinhalt transportieren würde. Der Dauerschallpegel dient dazu, die Lärmbelastung für einen definierten Zeitraum – in der Grundausswertung der vorliegenden Studie für 24 Stunden – anzugeben. Wenn eine Lärmbelastung nur für ein Zehntel der Zeit andauert, reduziert sich der mittlere Dauerschallpegel um 10 dB; wenn die Lärmbelastung nur für ein Hundertstel der Zeit andauert, reduziert sich der mittlere Dauerschallpegel um 20 dB. Somit kann beispielsweise ein 24-Stunden-Dauerschallpegel von 50 dB aus einer 24-stündigen Lärmbelastung mit 50 dB, aber auch aus einer etwa 15-minütigen Lärmbelastung mit 70 dB resultieren. Quelle: modifiziert nach <http://www.bmub.bund.de/themen/luft-laerm-verkehr/laermschutz/laermschutz-im-ueberblick/was-ist-laerm/>

**TABELLE 2**

Definition Herzinfarkt

ICD-10 Klassifikation	Herzinfarkt*
I21.-: Akuter Herzinfarkt	1 × stationäre Entlassungs- oder Nebendiagnose I21.- 1 × ambulante sichere Diagnose I21.- („g“) <u>und</u> Tod im Diagnose- oder Folgequartal

\*Die Definition eines Herzinfarktes war dann erfüllt, wenn eines der beiden Kriterien erfüllt war.

**Zusammenhang zwischen Straßenverkehrslärm und Herzinfarkt**

Erhöhte Risikoschätzer sind ab einem Straßenverkehrslärm von 55 dB erkennbar: Die OR erreicht bei einem Lärmpegel von 60 dB bis < 65 dB statistische Signifikanz (OR: 1,09; 95%-KI: [1,02; 1,16]); die höchste OR von 1,13 (95%-KI: [1,00; 1,27]) findet sich bei einem 24-Stunden-Dauerschallpegel  $\geq 70$  dB. Wenn die 24-Stunden-Dauerschallpegel als kontinuierliche Variable in das logistische Regressionsmodell aufgenommen werden, ergibt sich eine statistisch signifikante Risikohöhen von 2,8 % pro 10 dB Straßenverkehrslärm. Bei der Betrachtung der Nachtzeit von 22–06 Uhr

liegen ab einem Straßenverkehrslärmpegel von 50 dB (teilweise statistisch signifikant) erhöhte Risikoschätzer für einen Herzinfarkt vor.

**Zusammenhang zwischen Schienenverkehrslärm und Herzinfarkt**

Für den Schienenverkehrslärm findet man in der Kategorie 50 bis < 55 dB eine statistisch grenzwertig signifikant erhöhte OR von 1,05 (95%-KI: [1,00; 1,10]), bei 55 bis < 60 dB beträgt die OR 1,04 (95%-KI: [0,97; 1,12]), in der höchsten Pegelklasse ab 70 dB liegt die OR bei 1,16 (95%-KI: [0,93; 1,46]). Wenn die 24-Stunden-Dauerschallpegel als kontinuierliche Variable in das logistische Regressionsmodell aufgenommen werden, zeigt sich eine statistisch signifikante Risikohöhen von 2,3 % pro 10 dB Schienenverkehrslärm. Bei der Betrachtung der Nachtzeit von 22 bis 6 Uhr findet man einen deutlichen Anstieg der OR erst bei einem Schallpegel von  $\geq 60$  dB (OR: 1,10; 95%-KI: [1,01; 1,20]).

**Verkehrslärmbezogene Risikoschätzer für einen tödlich verlaufenden Herzinfarkt**

Im Zeitraum zwischen Erstdiagnose (2006 bis 2010) und Auswahl der anzuschreibenden Probanden durch die Krankenkassen (2014/15) sind etwa 53 % der Herzinfarktpatienten verstorben. Bezieht man lediglich diese Fälle in die Analyse ein (*eTabelle 2*), erhält man für den Fluglärm bei einem 24-Stunden-Dauerschallpegel von  $\geq 60$  dB eine statistisch signifikante OR von 2,70 (95%-KI: [1,08; 6,74]). Generell ergeben sich bei Einschränkung der Fallgruppe auf die verstorbenen Herzinfarktpatienten für alle drei Verkehrslärmarten höhere Risikoschätzer als bei Einbeziehung aller Herzinfarktfälle: So zeigt sich im linearen Modell ein Risikoanstieg von 3,2 % (95%-KI: [-5,6; 7,1]) pro 10 dB Pegelanstieg des Fluglärms, von 3,9 % (95%-KI: [1,6; 6,3]) pro 10 dB Pegelanstieg des Straßenverkehrslärms und von 3,8 % (95%-KI: [1,2; 6,4]) pro 10 dB Pegelanstieg des Schienenverkehrslärms.

**Beschränkung der Referenzkategorie auf Personen ohne Verkehrslärmexposition  $\geq 40$  dB**

Ordnet man nur die Personen der Referenzkategorie zu (*eTabelle 3*), die keinem Verkehrslärm von  $\geq 40$  dB ausgesetzt waren, so ist ein gewisser Anstieg der Risikoschätzer in den einzelnen Lärmkategorien erkennbar. In den Auswertungen mit Verkehrslärm als kontinuierlicher Variable zeigt sich bei dieser Beschränkung der Referenzkategorie auf Personen ohne Verkehrslärmexposition  $\geq 40$  dB ein leichter Anstieg der OR pro 10 dB Schienenverkehrslärm (von 2,3 ohne Beschränkung der Referenzkategorie auf 3,2 %). Dieser Anstieg fällt geringer aus beim Straßenverkehrslärm (von 2,8 auf 3,3 %), beim Fluglärm ist im kontinuierlichen Modell allerdings keine Veränderung der OR erkennbar.

**TABELLE 3**

Verkehrslärm ( $L_{pAeq,24h}$ ,  $L_{pAeq,Nacht}$ ) und inzidenter Herzinfarkt

Exposition	Fluglärm			Straßenverkehrslärm			Schienenverkehrslärm					
	Fälle	Kontrollpersonen	OR	95-%-KI	Fälle	Kontrollpersonen	OR	95-%-KI	Fälle	Kontrollpersonen	OR	95-%-KI
<b>24h-Dauerschallpegel</b>												
< 40 dB, max. < 50 dB	7 885	328 815	1,00	-	2 167	88 177	1,00	-	10 725	446 965	1,00	-
< 40 dB, max. ≥ 50 dB	1 346	52 825	1,05	[0,98; 1,11]								
≥ 40 – < 45 dB	5 839	249 666	1,01	[0,97; 1,05]	4 308	177 419	1,02	[0,96; 1,07]	2 445	104 139	1,04	[0,99; 1,09]
≥ 45 – < 50 dB	3 029	134 464	1,00	[0,95; 1,05]	4 627	200 544	0,99	[0,94; 1,05]	2 966	132 524	1,00	[0,96; 1,05]
≥ 50 – < 55 dB	1 151	52 923	0,97	[0,91; 1,04]	3 340	148 430	1,01	[0,96; 1,07]	2 115	91 861	1,05	[1,00; 1,10]
≥ 55 – < 60 dB	376	15 845	1,06	[0,95; 1,18]	2 171	91 493	1,05	[0,99; 1,11]	823	36 040	1,04	[0,97; 1,12]
≥ 60 – < 65 dB	6	196	1,42	[0,62; 3,25]	1 637	68 672	1,09	[1,02; 1,16]	340	13 783	1,10	[0,98; 1,23]
≥ 65 – < 70 dB	-	-	-	-	1 069	46 715	1,06	[0,98; 1,15]	138	5 962	1,14	[0,96; 1,36]
≥ 70 dB	-	-	-	-	313	13 284	1,13	[1,00; 1,27]	80	3 460	1,16	[0,93; 1,46]
Kontinuierlich (pro 10 dB)			0,993	[0,966; 1,020]			1,028	[1,012; 1,045]			1,023	[1,005; 1,042]
				p = 0,606				p = 0,001				p = 0,014
<b>Nachtzeit von 22–06 Uhr</b>												
< 40 dB, max. < 50 dB	9 073	380 331	1,00	-	8 139	337 086	1,00	-	10 703	443 563	1,00	-
< 40 dB, max. ≥ 50 dB	5 211	222 319	1,00	[0,96; 1,03]								
≥ 40 – < 45 dB	3 319	140 511	0,99	[0,95; 1,04]	3 879	169 775	1,00	[0,96; 1,04]	2 392	102 929	1,01	[0,96; 1,06]
≥ 45 – < 50 dB	1 382	65 738	0,95	[0,89; 1,01]	2 999	131 960	1,00	[0,96; 1,05]	2 832	127 897	1,00	[0,96; 1,05]
≥ 50 – < 55 dB	623	24 693	1,07	[0,98; 1,17]	2 302	95 548	1,07	[1,02; 1,12]	2 190	94 192	1,04	[0,99; 1,09]
≥ 55 – < 60 dB	24	1 142	0,99	[0,66; 1,49]	1 557	67 195	1,07	[1,01; 1,13]	916	40 916	1,02	[0,95; 1,10]
≥ 60 dB	0	0	-	-	756	33 170	1,07	[0,99; 1,15]	599	25 237	1,10	[1,01; 1,20]
<b>Nachtzeit von 23–05 Uhr</b>												
< 40 dB, max. < 50 dB	9 114	382 121	1,00	-								
< 40 dB, max. ≥ 50 dB	6 025	257 513	0,99	[0,96; 1,03]								
≥ 40 – < 45 dB	2 848	123 392	0,99	[0,95; 1,03]								
≥ 45 – < 50 dB	1 256	55 504	0,98	[0,92; 1,05]								
≥ 50 – < 55 dB	381	15 955	1,05	[0,94; 1,17]								
≥ 55 – < 60 dB	8	249	1,50	[0,73; 3,07]								
≥ 60 dB	0	0	-	-								

OR: Odds Ratio, adjustiert für Alter, Geschlecht, Bildung und Beruf (aus Tätigkeitskennzeichen). SGB-II-Quote (Quintile).  $L_{pAeq,24h}$ : ungewichteter 24h-Dauerschallpegel;  $L_{pAeq,Nacht}$ : Mittelungspegel in der Nachtzeit von 22 bis 6 bzw. von 23 bis 5 Uhr. 95-%-KI: 95-%-Konfidenzintervall

### Beschränkung der Auswertung auf Versicherte mit bekanntem individuellem Sozialstatus

Wenn lediglich die Versicherten mit bekanntem individuellen Sozialstatus in die Analyse einbezogen werden, dann zeigt sich in dieser Subanalyse für alle drei Verkehrslärmarten eine tendenzielle Erhöhung der Risikoschätzer (*eTabelle 4*).

### Altersstratifizierte Auswertung

Bei getrennter Betrachtung der unter 65-jährigen Versicherten und der Versicherten ab 65 Jahren zeigt sich kein einheitlicher Effekt: Bei den jüngeren Versicherten sind die Risikoschätzer für Straßenlärm etwas höher, bei den älteren Versicherten die Risikoschätzer für Fluglärm (bei fehlender statistischer Signifikanz) (*eTabelle 5*).

### Gleichzeitige Aufnahme der drei Verkehrslärmarten in das logistische Regressionsmodell

Die Herzinfarkt-Risikoschätzer für die einzelnen Verkehrslärmarten ändern sich bei Adjustierung für die jeweils beiden anderen Verkehrslärmarten nicht wesentlich: Im linearen Modell findet man für den Fluglärm weiterhin keine statistisch signifikante Risikoveränderung, für den Straßenverkehrslärm beziehungsweise Schienenverkehrslärm ergeben sich statistisch signifikante Risikoerhöhungen von 2,8 beziehungsweise 2,5 % pro 10 dB.

## Diskussion

Die Ergebnisse der vorliegenden sekundärdatenbasierten Fallkontrollstudie weisen auf einen Zusammenhang zwischen einer Verkehrslärmexposition und der Entstehung eines Herzinfarktes hin. Die Risikoschätzer sind für den Straßenverkehrslärm und Schienenverkehrslärm tendenziell deutlicher ausgeprägt als für den Fluglärm. Bei Einschränkung der Fallgruppe auf die verstorbenen Herzinfarktpatienten ist die Höhe des Risikoanstiegs pro 10 dB Pegelanstieg zwischen den drei Verkehrslärmarten vergleichbar.

Eine Limitation der Subanalyse tödlich verlaufender Herzinfarkte besteht darin, dass die Todesursache aus den Krankenkassendaten nicht ersichtlicher war. Eine methodische Stärke dieser Fallkontrollstudie liegt in der Berücksichtigung neu aufgetretener stationärer und ambulanter Diagnosen mit Todesfolge. Allerdings ist insbesondere für die früheren Diagnosejahre aufgrund der relativ kurzen Vorbeobachtungszeiten ein länger zurückliegendes vorheriges Infarktgeschehen nicht auszuschließen. Wie die Validität der Fallkontrollstudie einzuschätzen ist, wird im *eKasten 3* beschrieben.

Bezieht man nur Versicherte mit vorliegenden Angaben zum individuellen Sozialstatus in die Analyse ein (36 % der eingeschlossenen Versicherten), so steigen die Risikoschätzer für alle Verkehrslärmarten an. Dieses Ergebnis spricht dagegen, dass sich die verkehrslärmbezogenen Risikoerhöhungen durch eine unzureichende Berücksichtigung des

Confounders Sozialstatus erklären. Informationen über lebensstil- und berufsbezogene Risikofaktoren liegen in den Krankenkassendaten nicht vor. Für die Fallgruppe der Herzinsuffizienz konnte allerdings im Rahmen einer zusätzlich durchgeführten vertiefenden Befragung von etwa 8 500 Versicherten eine Verzerrung durch unerkanntes oder residuales Confounding weitgehend ausgeschlossen werden (8).

Die akustischen Eingangsdaten zeichnen sich durch eine hohe Qualität und durch die Berücksichtigung verschiedener Mittelungspegel und Maximalpegel aus. Auch bei 24-Stunden-Dauerschallpegeln < 40 dB findet man viele Menschen, die kurzfristig gegenüber deutlich lauterem nächtlichen Fluglärmereignissen exponiert waren. Insbesondere durch Störungen des Schlafs können diese nächtlichen Fluglärmereignisse ebenfalls mit gesundheitlichen Wirkungen in Verbindung gebracht werden. Die Betrachtung von Personen, die nächtlichen Maximalpegeln von  $\geq 50$  dB ausgesetzt waren, als eigene Expositionsgruppe trägt diesem Erklärungsansatz Rechnung.

Die Ergebnisse unserer sekundärdatenbasierten Fallkontrollstudie stehen grundsätzlich im Einklang mit der Literatur. Allerdings erheben die wenigsten Studien gleichzeitig unterschiedliche Verkehrslärmarten. Vienneau und Mitarbeiter konnten in ihrem systematischen Review zur ischämischen Herzerkrankung eine 6-prozentige Risikoerhöhung pro 10 dB Fluglärm und eine 4-prozentige Risikoerhöhung pro 10 dB Straßenverkehrslärm finden (Startpunkt: 50 dB  $L_{DEN}$  entsprechend einem 24-Stunden-Dauerschallpegel von etwa 48,5 dB) (3). Wir ermittelten für einen tödlich verlaufenden Herzinfarkt Risiken von knapp unter 4 % pro 10 dB Verkehrslärm (Startpunkt: 24-Stunden-Dauerschallpegel von 35 dB), für einen neu diagnostizierten Herzinfarkt teilweise deutlich niedrigere Risiken. Vienneau und Mitarbeiter fanden im Unterschied zu unserer Studie kein höheres Risiko für eine tödlich verlaufende als für eine nicht tödlich verlaufende ischämische Herzerkrankung (3). Allerdings bezogen die genannten Autoren in ihr systematisches Review die Gesamtgruppe aller ischämischen Herzerkrankungen ein – der von uns untersuchte Herzinfarkt stellt eine Teilgruppe der ischämischen Herzerkrankungen mit einer vergleichsweise hohen Sterblichkeit dar.

Mit den von Greiser und Greiser für das Umfeld des Köln-Bonner Flughafens erzielten Studienergebnissen lassen sich unsere Ergebnisse nicht unmittelbar vergleichen: Die genannten Autoren bezogen in ihre Auswertungsmodelle zwei Interaktionsterme ein, die jeweils den Fluglärm mitenthalten (15, 16). Insofern erlaubt die Studie von Greiser und Greiser keine unmittelbare Ableitung der Haupteffekte des Fluglärms. Interaktionsterme wurden in unseren Modellen nicht gebildet, weil sich in zusätzlich durchgeführten stratifizierten Auswertungen kein Anhalt für substanzielle Effektmodifikationen durch das Alter ergab.

## Resümee

Unsere Fallkontrollstudie erlaubt erstmalig einen unmittelbaren Vergleich der Herzinfarkt-Risikoschätzer für Flug-, Straßenverkehrs- und Schienenverkehrslärm anhand eines sehr großen Versichertendatensatzes. Für alle drei untersuchten Verkehrslärmarten finden sich Zusammenhänge mit der Diagnose eines Herzinfarktes. Allerdings ist der Zusammenhang tendenziell deutlicher ausgeprägt für den Straßen- und Schienenverkehrslärm als für den Fluglärm. Möglicherweise ist der Dauerschallpegel schlechter geeignet, die fluglärmbezogenen Herzinfarkttrisiken abzubilden als insbesondere die straßenverkehrslärmbezogenen Erkrankungsrisiken.

Darüber hinaus ist zu berücksichtigen, dass nur verhältnismäßig wenige Versicherte einer Fluglärmexposition von  $\geq 55$  dB ausgesetzt waren (1,9 % der Kontrollpersonen beim Fluglärm gegenüber 26,4 % beim Straßenverkehrslärm und 7,1 % beim Schienenverkehrslärm). Beim Fluglärm gibt es im Unterschied zum Straßenverkehrs- und Schienenverkehrslärm keine 24-Stunden-Dauerschallpegel oberhalb von 65 dB. Insofern können die deutlichen Risikoanstiege bei (sehr) hohen straßen- und schienenverkehrslärmbezogenen Dauerschallpegeln naturgemäß beim Fluglärm keine Entsprechung haben, und insgesamt wird die Abschätzung der Expositions-Risiko-Beziehung beim Fluglärm unsicherer. Die bei allen drei Verkehrslärmarten vergleichbar hohen Risikoschätzer in der Subgruppe der Verstorbenen – die deutlich über den jeweiligen Risikoschätzern in der Gesamtgruppe der Versicherten liegen – weisen darauf hin, dass Verkehrslärm möglicherweise nicht nur die Entstehung, sondern darüber hinaus auch auf den Verlauf eines Herzinfarktes beeinflusst. Hier sehen wir künftigen Forschungsbedarf.

Ein großer Teil der Bevölkerung ist Verkehrslärmpegeln ausgesetzt, die unserer Fallkontrollstudie zufolge mit – wenn auch geringen – Risikoerhöhungen für einen Herzinfarkt einhergehen. Einer wirksamen Verkehrslärmprävention kommt daher eine hohe Bedeutung zu.

## Danksagung

Wir danken herzlich Frau Dr. Eva Haufe und Herrn Prof. Dr. Jochen Schmitt, MPH, für die Mitwirkung bei der Erstellung des Studienkonzepts. Unser ganz besonderer Dank gilt Herrn Peter Ihle von der PMV-Forschungsgruppe und Frau Ursel Prote vom Leibniz-Institut für Präventionsforschung und Epidemiologie (BIPS) sowie den teilnehmenden Krankenkassen. Dem wissenschaftlichen Begleitkreis – namentlich für alle Mitglieder sei an dieser Stelle Herr Prof. Dr. Wolfgang Hoffmann, MPH, genannt – möchten wir ganz herzlich für die engagierte und konstruktive Unterstützung danken.

## Votum der Ethikkommissionen und der Datenschutzler

Die Stellungnahme der Ethikkommission der Medizinischen Fakultät der TU Dresden (AZ: EK328102012; 21.02.2013 und 22.04.2014) wurde bei der Durchführung der Studie berücksichtigt. Ferner wurde das Studienkonzept dem Bundesbeauftragten für den Datenschutz und die Informationsfreiheit (AZ: III-320/010#0011; Antwort am 11.06.2012) sowie den Datenschutzbeauftragten der beteiligten Länder Hessen (AZ: 43.60-we; Antwort am 13.03.2012; Anzeige von Ergänzungen 07.02.2014) und Rheinland-Pfalz (AZ: 6.08.22.002; Antwort am 07.05.2012; Anzeige von Ergänzungen 04.02.2014) vorgelegt. Diese Behörden bestätigten, dass das Forschungsvorhaben grundsätzlich im Einklang mit den datenschutzrechtlichen Vorschriften ist.

## Finanzierung

Die vorliegende Studie wurde finanziert von der Gemeinnützigen Umwelthaus GmbH in Kelsterbach.

## Interessenkonflikt

Die Autoren erklären, dass kein Interessenkonflikt besteht.

## Manuskriptdaten

eingereicht: 3. 11. 2015, revidierte Fassung angenommen: 9. 5. 2016

## LITERATUR

1. Kraus U, Schneider A, Breitner S, et al.: Individual daytime noise exposure during routine activities and heart rate variability in adults: a repeated measures study. *Environ Health Perspect* 2013; 121: 607–12.
2. WHO: Burden of disease from environmental noise: quantification of healthy life years lost in Europe. Bonn: WHO: European Centre for Environment and Health 2010. [www.euro.who.int/\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0008/136466/e94888.pdf](http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0008/136466/e94888.pdf) (last accessed on 12 October 2015).
3. Vienneau D, Schindler C, Perez L, Probst-Hensch N, Röösli M: The relationship between transportation noise exposure and ischemic heart disease: A meta-analysis. *Environ Res* 2015; 138: 372–80.
4. Huss A, Spoerri A, Egger M, Röösli M: Aircraft noise, air pollution, and mortality from myocardial infarction. *Epidemiology* 2010; 21: 829–36.
5. Hansell A, Blangiardo M, Fortunato L, Floud S, et al.: Aircraft noise and cardiovascular disease near Heathrow airport in London: small area study. *BMJ* 2013; 347: f5432.
6. Correia AW, Peters JL, Levy JI, Melly S, Dominici F: Residential exposure to aircraft noise and hospital admissions for cardiovascular diseases: multi-airport retrospective study. *BMJ* 2013; 347: f5561.

## KERNAUSSAGEN

- Die vorliegende Auswertung der sekundärdatenbasierten NORAH-Fallkontrollstudie untersucht anhand eines Datensatzes von 1 026 658 über 40-jährigen Versicherten dreier Krankenkassen die verkehrslärmbezogenen Risiken für Herzinfarkt (n = 19 632) im Rhein-Main-Gebiet.
- Erstmals wird ein unmittelbarer Vergleich der Risikoschätzer für Straßenverkehrs-, Schienenverkehrs- und Fluglärm ermöglicht. Für alle drei untersuchten Verkehrslärmarten finden sich Zusammenhänge mit der Diagnose eines Herzinfarktes.
- Der Zusammenhang eines Herzinfarktes mit dem 24-Stunden-Dauerschallpegel ist tendenziell deutlicher für den Straßen- und Schienenverkehrslärm als für den Fluglärm ausgeprägt. Möglicherweise ist der Dauerschallpegel allein nur eingeschränkt zur Abbildung der fluglärmbezogenen Herzinfarkttrisiken geeignet.
- Die bei allen drei Verkehrslärmarten vergleichbar hohen Risikoschätzer in der Subgruppe der Verstorbenen – die deutlich über den jeweiligen Risikoschätzern in der Gesamtgruppe aller Versicherten liegen – weisen darauf hin, dass Verkehrslärm möglicherweise nicht nur einen Einfluss auf die Entstehung, sondern darüber hinaus auch auf den Verlauf eines Herzinfarktes hat.
- Aufgrund der bevölkerungsbezogenen Häufigkeit der Verkehrslärmexpositionen ebenso wie der Erkrankung an einem Herzinfarkt kommt selbst geringen Risikoerhöhungen eine Bedeutung zu.

7. Eriksson C, Nilsson ME, Willers SM, Gidhagen L, Bellander T, Pershagen G: Traffic noise and cardiovascular health in Sweden: the roadside study. *Noise and Health* 2012; 14: 140–7.
8. Seidler A, Wagner M, Schubert M, Dröge P, Hegewald J: Sekundärdatenbasierte Fallkontrollstudie mit vertiefender Befragung. NORAH (Noise-related annoyance, cognition and health): Verkehrslärmwirkungen im Flughafenumfeld. Endbericht, Band 6. 2015. [www.laermstudie.de/fileadmin/files/Laermstudie/Krankheitsrisiken\\_Wiss\\_Ergebnisbericht.pdf](http://www.laermstudie.de/fileadmin/files/Laermstudie/Krankheitsrisiken_Wiss_Ergebnisbericht.pdf) (last accessed on 5 March 2016).
9. Möhler U, Liepert M, Mühlbacher M, et al.: Erfassung der Verkehrsgeräuschexposition. Dokumentation zur Berechnung der akustischen Daten in NORAH. NORAH (Noise-related annoyance, cognition and health): Verkehrslärmwirkungen im Flughafenumfeld. Endbericht, Band 2. 2015. [www.laermstudie.de/fileadmin/files/Laermstudie/Akustik\\_Wiss\\_Ergebnisbericht.pdf](http://www.laermstudie.de/fileadmin/files/Laermstudie/Akustik_Wiss_Ergebnisbericht.pdf) (last accessed on 5 March 2016).
10. Bundesregierung: Erste Verordnung über die Datenerfassung und das Berechnungsverfahren für die Festsetzung von Lärmschutzbereichen vom 27. Dezember 2008 (1. FlugLSV). Anlage 2: Anleitung zur Berechnung von Lärmschutzbereichen (AzB). *Bundesanzeiger* 2008; 195a, 2.
11. Bundesregierung: Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionschutzgesetzes (Verordnung über die Lärmkartierung) vom 6. März 2006 (34. BImSchV (2006). Anlage 2: Vorläufige Berechnungsmethode für den Umgebungslärm an Schienenwegen (VBUSch) vom 22. Mai 2006. *Bundesanzeiger* 2006a; 154a, 6.
12. Bundesregierung: Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionschutzgesetzes (Verordnung über die Lärmkartierung) vom 6. März 2006 (34. BImSchV (2006). Anlage 3: Vorläufige Berechnungsmethode für den Umgebungslärm an Straßen (VBUS) vom 22. Mai 2006. *Bundesanzeiger* 2006b; 154a, 6.
13. Schubert I, Ihle P, Köster I: Interne Validierung von Diagnosen in GKV-Routinedaten: Konzeption mit Beispielen und Falldefinition. *Das Gesundheitswesen* 2010; 72: 316–22.
14. Blossfeld HP. *Bildungsexpansion und Berufschancen*. Frankfurt: Campus 1985.
15. Greiser E, Greiser C: Risikofaktor nächtlicher Fluglärm: Abschlussbericht über eine Fall-Kontroll-Studie zu kardiovaskulären und psychischen Erkrankungen im Umfeld des Flughafens Köln-Bonn. Umweltbundesamt 2010a. [www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/461/publikationen/3774.pdf](http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/461/publikationen/3774.pdf) (last accessed on 12 October 2015).
16. Greiser E, Greiser C. Risikofaktor nächtlicher Fluglärm: Abschlussbericht über eine Fall-Kontroll-Studie zu kardiovaskulären und psychischen Erkrankungen im Umfeld des Flughafens Köln-Bonn. Anlagenband: Umweltbundesamt 2010b. [www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/461/publikationen/3775.pdf](http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/461/publikationen/3775.pdf) (last accessed on 12 October 2015).

**Anschrift für die Verfasser**

Prof. Dr. med. Andreas Seidler, MPH  
 Institut und Poliklinik für Arbeits- und Sozialmedizin  
 Technische Universität Dresden  
 Medizinische Fakultät  
 Fetscherstraße 74, 01307 Dresden  
 ArbSozPH@mailbox.tu-dresden.de

**Zitierweise**

Seidler A, Wagner M, Schubert M, Dröge P, Pons-Kühnemann J, Swart E, Zeeb H, Hegewald J: Myocardial infarction risk due to aircraft, road and rail traffic noise—results of a case-control study based on secondary data. *Dtsch Arztebl Int* 2016; 113: 407–14. DOI: 10.3238/arztebl.2016.0407

@ The English version of this article is available online:  
[www.aerzteblatt-international.de](http://www.aerzteblatt-international.de)

Zusatzmaterial  
 eTabellen, eKästen:  
[www.aerzteblatt.de/16m0407](http://www.aerzteblatt.de/16m0407) oder über QR-Code



**Berichtigungen**

In dem Beitrag „Pharmakologische Therapie der chronisch obstruktiven Lungenerkrankung“ von Adrian Gillissen und Koautoren im Deutschen Ärzteblatt vom 6. 5. 2016 (Heft 18) ist das Ergebnis einer Fallkontrollstudie nicht korrekt wiedergegeben worden. Auf Seite 313 schreiben Gillissen und Koautoren: „In einer Fallkontrollstudie auf der Basis einer US-amerikanischen Veteranendatenbank reduzierte die Triple-Therapie – bestehend aus einem ICS und einem inhalativen LABA sowie Tiotropium – im Vergleich zur Tiotropium-Monotherapie die Letalität (Hazard Ratio [HR]: 0,60 [0,45; 0,79]). Es wurde jedoch nicht mit der Tiotropium-Monotherapie verglichen, sondern mit ICS + LABA. Die richtige Aussage lautet daher: „In einer Fallkontrollstudie auf der Basis einer US-amerikanischen Veteranendatenbank reduzierte die Triple-Therapie – bestehend aus einem ICS und einem inhalativen LABA sowie Tiotropium – im Vergleich zu **ICS + LABA** die Letalität (Hazard Ratio [HR]: 0,60 [0,45; 0,79]).“ *MWR*

In dem Beitrag „Lichen sclerosus – Beratungsanlass, Diagnose und therapeutisches Procedere“ von Gudula Kirtschig im Deutschen Ärzteblatt vom 13. 5. 2016 (Heft 19) ist auf Seite 342, linke Spalte, zweiter Absatz, folgender Satz nicht korrekt: „Eine Kohortenstudie zum vulvären Lichen sclerosus konnte jedoch bestätigen, dass eine frühe und konsequente Langzeitbehandlung die Narbenbildung um 36,6 % und Karzinomentwicklung um 4,7 % bei einem Beobachtungszeitraum von 4,7 Jahren (0,1–40 Jahre) verringert (2).“ Richtigerweise muss es heißen: „Eine Kohortenstudie zum vulvären Lichen sclerosus konnte jedoch bestätigen, dass eine frühe und konsequente Langzeitbehandlung die Narbenbildung um 36,6 % und Karzinomentwicklung um 4,7 % bei einem Beobachtungszeitraum von 4,7 Jahren (**2–6,8 Jahre**) verringert (2).“ *MWR*

In dem Beitrag „Einfluss unterschiedlicher Musikstile auf das Herz-Kreislauf-System – Eine randomisierte kontrollierte Studie zur Wirkung von Musikstücken von W. A. Mozart, J. Strauss und ABBA“ von Hans-Joachim Trappe und Gabriele Voit im Deutschen Ärzteblatt vom 20. 5. 2016 (Heft 20) sind in der Tabelle 1 zwei Zahlenangaben falsch:

- 1) Interventionsgruppe, 6. Zeile von oben, RR systolisch (mm Hg): statt „128,9+12,9“ muss es heißen „**123,9+12,9**“. In der Tabelle 2 ist dieser Wert als Ausgangswert (Mittelwert) aber richtig angegeben und alle Ausführungen zum systolischen Blutdruck beziehen sich auf Tabelle 2.
- 2) Kontrollgruppe, rechte Spalte, Rubrik Männer, RR systolisch (mm Hg): statt „120,1+8,8“ lautet die richtige Angabe „**130,1+8,8**“.

Insgesamt beziehen sich alle Angaben und Aussagen der Arbeit auf die Tabellen 2–5, in denen jeder Wert exakt ist. *MWR*



Zusatzmaterial zu:

## Herzinfarktrisiko durch Flug-, Straßen- und Schienenverkehrslärm

Ergebnisse einer sekundärdatenbasierten Fallkontrollstudie

Andreas Seidler, Mandy Wagner, Melanie Schubert, Patrik Dröge, Jörn Pons-Kühnemann, Enno Swart, Hajo Zeeb, Janice Hegewald

Dtsch Arztebl Int 2016; 113: 407–14. DOI: 10.3238/arztebl.2016.0407

### eKASTEN 1

#### Methode

- **Studienregion und Studienpopulation:**

Die Studienregion setzte sich zusammen aus dem Regierungsbezirk Darmstadt, den rheinhessischen Städten Mainz und Worms sowie den Landkreisen Mainz-Bingen und Alzey-Worms (*Grafik*). Zur Studienpopulation zählten alle über 40-jährigen Versicherten von drei großen gesetzlichen Krankenversicherungen im Untersuchungsgebiet ( $n = 1\,026\,670$ ; entsprechend etwa 23 % der über 40-jährigen Bevölkerung im Studiengebiet).

- **Lärmexposition im Untersuchungsgebiet:**

Vom Ingenieurbüro Möhler und Partner Ingenieure AG wurden für das Untersuchungsgebiet adressgenaue (bezogen auf Straßen mit Hausnummern) Außenpegel von Fluglärm (basierend auf den Radarspuren der einzelnen Flüge), Straßen- und Schienenverkehrslärm bereitgestellt (ausführliche Darstellung siehe [9]). Als Referenzjahr für die Lärmexposition wurde das Jahr 2005 gewählt. Die Verkehrslärmpegel wurden entsprechend dem aktuellen gesetzlichen Regelwerk berechnet (10–12). In *Tabelle 1* sind zur besseren Einordnung der Verkehrslärmpegel einige Beispiele für Geräuschquellen mit dazugehörigen Lärmpegeln in Dezibel (dB) angegeben.

- **Verknüpfung der Diagnose- mit den Lärmdaten:**

Die teilnehmenden Krankenkassen lieferten für die Auswahl der Fälle mit Herzinfarkt und der Kontrollpersonen ohne Herzinfarkt pseudonymisierte Abrechnungsdaten an die Auswertestelle in Dresden (mit Studien-ID versehen, ohne Angabe von Namen und Adressen). Übermittelt wurden gesondert für die Berichtsjahre 2005 bis 2010 die Versichertenstammdaten, die Diagnosedaten nach ICD 10 (gegliedert in ambulante Leistungen und stationäre Leistungen) und die Verordnungsdaten gemäß anatomisch-therapeutisch-chemischem Klassifikationscode (ATC). Die Verknüpfung der Lärm- mit den Adressdaten der Versicherten erfolgte durch eine externe Vertrauensstelle beim Leibniz-Institut für Präventionsforschung und Epidemiologie BIPS (bei zwei Krankenkassen) beziehungsweise durch eine krankenkasseneigene Verknüpfungsstelle (bei einer Krankenkasse). Bei 95,5 % der Versicherten ( $n = 907\,736$ ) konnten die Lärmdaten erfolgreich mit den Adressdaten verknüpft werden. Danach wurden die Adressen durch die Studien-ID ersetzt und an die Auswertungsstelle in Dresden übermittelt; dort wurden dann die Diagnose- und die Lärmdaten zusammengefügt.

- **Fälle mit Herzinfarkt ( $n = 19\,632$ ):**

Um für die sekundärdatenbasierte Fallkontrollstudie bestmöglich inzidente Fälle zu berücksichtigen und prävalente Fälle auszuschließen, wurden lediglich die Fälle berücksichtigt, bei denen ein akuter Herzinfarkt (ICD-10: I21; siehe *Tabelle 2*) während des Berichtszeitraums 2006 bis 2010 – also nach der gemessenen Exposition – kodiert wurde (13). Grundvoraussetzung war ein mindestens vier Quartale umfassender diagnosefreier Zeitraum vor dem Ereignis. Allerdings ließ sich mit diesem Vorgehen ein länger zurückliegendes vorheriges Infarktgeschehen nicht ausschließen.

- **Kontrollpersonen ( $n = 834\,734$ ):**

Die Kontrollpersonen wurden aus allen Versicherten (einschließlich der mitversicherten Familienangehörigen) gezogen. Als Kontrollpersonen wurden alle Versicherten eingeschlossen, bei denen kein Herzinfarkt (auch kein gesicherter ambulanter) im verfügbaren Berichtszeitraum von 2005 bis 2010 diagnostiziert worden war, und die im Jahre 2010 (bzw. im Jahr des Ausscheidens aus dem Versicherungsverhältnis) mindestens 40 Jahre alt waren und mindestens vier Quartale im gesamten Berichtszeitraum versichert waren.

- **Statistische Analysen:**

Mittels logistischer Regressionsanalyse wurden die Odds Ratios (OR) als Effektschätzer der relativen Erkrankungsrisiken mit 95%-Konfidenzintervallen (95%-KI) berechnet. Bei der Analyse der kategorisierten Schallpegel (5 dB-Klassen) wurden Personen mit einem 24-Stunden-Dauerschallpegel  $< 40$  dB der Referenzkategorie zugeordnet; beim Fluglärm wurden Personen mit einem 24-Stunden-Dauerschallpegel  $< 40$  dB und einem nächtlichen Maximalpegel  $\geq 50$  dB aus der Referenzkategorie ausgeschlossen und in einer eigenen Kategorie analysiert. Einem Lärmpegel oberhalb der Referenzkategorie waren beim Straßenverkehrslärm 89,4 %, beim Schienenverkehrslärm 46,4 % und beim Fluglärm 90,1 % der einbezogenen Versicherten ausgesetzt. In einer zusätzlichen Analyse wurden nur diejenigen Personen der Referenzkategorie zugeordnet, die keinem Verkehrslärm von 40 dB oder mehr ausgesetzt waren. Weiterhin wurden die kontinuierlichen Dauerschallpegel als linearer Term in die logistischen Regressionsanalysen aufgenommen. In eine Subgruppenanalyse wurden ausschließlich diejenigen Herzinfarkt-Fälle (diagnostiziert 2006 bis 2010) einbezogen, die bis zum Jahr 2014/15 verstorben waren (unabhängig von der Todesursache). Der Vitalstatus der Herzinfarktpatienten wurde von Seiten der Krankenversicherungen überprüft, allerdings konnten keine Todesursachen recherchiert werden. Der Zeitpunkt der Erhebung des Vitalstatus unterschied sich zwischen den einzelnen Krankenkassen (zwischen Februar 2014 bei Krankenkasse 1 und Januar 2015 bei Krankenkasse 3). Grundsätzlich wurden die verschiedenen Verkehrslärmarten in separaten Modellen betrachtet. In einer zusätzlichen Analyse wurden die drei Verkehrslärm-Arten gemeinsam in ein logistisches Regressionsmodell aufgenommen.

● **Confounder:**

Als Confounder wurden Alter (als Polynom 3. Grades), Geschlecht und Sozialstatus in den statistischen Analysen berücksichtigt. Fälle gingen mit dem Alter bei Herzinfarkt diagnose in die Auswertung ein. Der Median des Diagnosejahrs bei den Herzinfarktpatienten lag im Jahr 2008; Kontrollen gingen daher mit dem Alter im Jahr 2008 in die Auswertung ein, mussten aber zum Ende des Beobachtungszeitraums (2010) mindestens 40 Jahre alt sein. Aus Datenschutzgründen lag uns lediglich das Geburtsjahr, nicht das exakte Geburtsdatum vor. Von einem Alter von 40 Jahren im Jahr 2010 wurde dann ausgegangen, wenn das Geburtsjahr 1970 war oder früher lag. Als aggregierte Sozialstatusvariable wurde bei allen Herzinfarktpatienten und Kontrollpersonen die (stadt- bzw. landkreisbezogene) SGB-II-Quote in die logistischen Regressionsmodelle aufgenommen. Soweit die fünfstelligen Tätigkeitskennzeichen verfügbar waren, wurde zusätzlich für die individuelle Bildung (verfügbar für 29,4 % der einbezogenen Versicherten) und für die Berufseinteilung nach Blossfeld (14) (verfügbar bei 32,4 %) adjustiert; dabei wurden die fehlenden Werte als eigene Kategorie in das Regressionsmodell aufgenommen. In eine Subanalyse wurden nur diejenigen Versicherten einbezogen, bei denen der individuelle Sozialstatus (individueller Bildungsstand und/oder Beruf) bekannt war.

**eKASTEN 2**

**Berechnung der Verkehrslärmpegel**

Fluglärmpegel wurden nach den Rechenalgorithmen der Anlage 2 der 1. Verordnung über die Datenerfassung und das Berechnungsverfahren für die Festsetzung von Lärm-schutzbereichen, Anleitung zur Berechnung von Lärm-schutzbereichen (AzB) ermittelt (9). Dabei wurde auf Radarspuren der einzelnen Flüge zurückgegriffen. Die Lärm-belastung durch Straßenverkehr bzw. Schienenverkehr wurde anhand der 34. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes bestimmt (10, 11). Für die sekundärdatenbasierte Fallkontrollstudie wurden für das Referenzjahr 2005 getrennt für die einzelnen Verkehrs-lärmarten die 24-Stunden-Dauerschallpegel ( $L_{pAeq,24h}$ ) sowie die Mittelungspegel für die Nachtzeit von 22–06 Uhr und die entsprechende Tagesscheibe (06–22 Uhr) bereitgestellt (Außenpegel, lauteste Fassade). Für den Fluglärm lagen darüber hinaus noch weitere Nachtscheiben (23–05 Uhr, 23–07 Uhr, Einzelstunden zwischen 22 und 08 Uhr) vor. Außerdem war der maximale Schalldruckpegel ( $L_{pAmax}$ ) bekannt (damit wird der Schallpegel bezeichnet, der in der Nachtzeit von 22–06 Uhr durch 6 Flüge erreicht oder überschritten wird).

**eKASTEN 3**

**Einschätzung der externen Validität der Fallkontrollstudie**

Durch die Teilnahme von drei großen Krankenkassen konnten etwa 23 % der im Studiengebiet lebenden Bevölkerung im Alter von über 40 Jahren in die sekundärdatenbasierte Fallkontrollstudie einbezogen werden. Es ist nicht davon auszugehen, dass eine spezifische Verkehrslärmexposition bei Versicherten einer bestimmten Krankenkasse zu manifesten Erkrankungen führt und bei Versicherten einer anderen Krankenkasse nicht. In krankenkassenspezifischen Subgruppenanalysen konnten überdies trotz erheblicher Unterschiede in der Sozialstruktur der teilnehmenden Krankenkassen vergleichbare Herzinfarkt-risikoschätzer gefunden werden. Dies spricht für die externe Validität der Ergebnisse.

eTABELLE 1

Charakteristika der Fälle mit Herzinfarkt und Kontrollpersonen

	Fälle		Kontrollpersonen	
	n	%	n	%
gesamt	19 632	100,0	834 734	100,0
<b>Geschlecht</b>				
Männer	11 088	56,5	362 665	43,4
Frauen	8 544	43,5	472 069	56,3
<b>Alter (Jahre)</b>				
35 – < 45	306	1,6	131 344	15,7
45 – < 50	566	2,9	98 758	11,8
50 – < 55	921	4,7	88 834	10,6
55 – < 60	1 282	6,5	88 073	10,6
60 – < 65	1 522	7,8	79 161	9,5
65 – < 70	2 331	11,9	93 737	11,2
70 – < 75	2 908	14,8	89 291	10,7
75 – < 80	3 065	15,6	63 744	7,6
80 – < 85	3 128	15,9	51 144	6,1
≥ 85	3 603	18,4	50 648	6,1
<b>Beteiligte Krankenkassen</b>				
Krankenkasse 1	12 999	66,2	525 698	63,0
Krankenkasse 2	1 620	8,3	61 562	7,4
Krankenkasse 3	5 013	25,5	247 474	29,6
<b>Bildungsstand</b>				
Volks-/Hauptschule, kein beruflicher Abschluss	733	3,7	66 016	7,9
Volks-/Hauptschule, mit beruflicher Ausbildung	1 351	6,9	141 006	16,9
FH-Reife/Abitur, kein beruflicher Abschluss	109	0,6	4 425	0,5
FH-Reife/Abitur, beruflicher Abschluss	247	1,3	14 220	1,7
Abschluss einer Fachhochschule	196	1,0	10 662	1,3
Hochschul-/Universitätsabschluss	76	0,4	11 762	1,4
Ausbildung unbekannt, Angabe nicht möglich	16 920	86,2	586 643	70,3
<b>Berufsklassifikation nach Blossfeld</b>				
Agrarberufe	28	0,1	3 043	0,4
einfache manuelle Berufe	394	2,0	35 647	4,3
qualifizierte manuelle Berufe	370	1,9	33 672	4,0
Techniker	65	0,3	5 300	0,6
Ingenieure	20	0,1	2 285	0,3
einfache Dienste	695	3,5	62 572	7,5
qualifizierte Dienste	67	0,3	11 937	1,4
Semiprofessionen	79	0,4	20 185	2,4
Professionen	14	0,1	2 259	0,3
einfache kaufmännische und Verwaltungsberufe	172	0,9	25 030	3,0
qualifizierte kaufmännische und Verwaltungsberufe	414	2,1	59 454	7,1
Manager	49	0,2	5 715	0,2
sonstige	70	0,4	7 682	0,9
keine Angabe zum Beruf	17 195	87,6	559 953	67,1

Regionale SGB-II-Quote (Quintile)*				
≤ 6,7 %	6 472	33,0	277 988	33,3
> 6,7 – ≤ 7,5 %	3 041	15,5	135 782	16,3
> 7,5 – ≤ 8,7 %	2 789	14,2	92 052	11,0
> 8,7 – ≤ 12,7 %	5 406	27,5	246 977	29,6
> 12,7 %	1 924	9,8	81 935	9,8

\*Einteilung der SGB-II-Quote in Quintile: Grundsätzlich wird bei der Verteilung der Probanden in Quintile angestrebt, dass jedes Quintil 20 % der Probanden enthält. Die häufige Wiederholung der SGB-II-Quotenwerte führte jedoch zu einer ungleichmäßigen Verteilung.

**eTABELLE 2**

Verkehrslärm ( $L_{pAeq,24h}$ ,  $L_{pAeq,Nacht}$ ) und täglich verlaufender Herzinfarkt\*

Exposition	Fluglärm				Nachtzeit von 22-06 Uhr				Nachtzeit von 23-05 Uhr			
	Fälle	Kontrollpersonen	OR	95-%-KI	Fälle	Kontrollpersonen	OR	95-%-KI	Fälle	Kontrollpersonen	OR	95-%-KI
<b>24h-Dauerschallpegel</b>												
< 40 dB, max. < 50 dB	4 021	328 815	1,00	-	1 160	88 177	1,00	-	5 638	446 965	1,00	-
< 40 dB, max. ≥ 50 dB	703	52 825	1,07	[0,98; 1,16]								
≥ 40 – < 45 dB	3 121	249 666	1,06	[1,01; 1,12]	2 257	177 419	1,01	[0,94; 1,08]	1 264	104 139	1,04	[0,97; 1,10]
≥ 45 – < 50 dB	1 649	134 464	1,08	[1,01; 1,15]	2 433	200 544	0,99	[0,92; 1,07]	1 566	132 524	1,01	[0,96; 1,07]
≥ 50 – < 55 dB	605	52 923	1,03	[0,94; 1,12]	1 708	148 430	1,00	[0,92; 1,08]	1 093	91 861	1,06	[0,99; 1,13]
≥ 55 – < 60 dB	198	15 845	1,09	[0,94; 1,27]	1 146	91 493	1,05	[0,97; 1,14]	427	36 040	1,05	[0,95; 1,16]
≥ 60 – < 65 dB	5	196	2,70	[1,08; 6,74]	875	68 672	1,13	[1,03; 1,24]	206	13 783	1,26	[1,10; 1,46]
≥ 65 – < 70 dB	-	-	-	-	563	46 715	1,09	[0,98; 1,21]	68	5 962	1,14	[0,89; 1,45]
≥ 70 dB	-	-	-	-	160	13 284	1,12	[0,95; 1,33]	40	3 460	1,21	[0,88; 1,66]
Kontinuierlich (pro 10 dB)			1,032	[0,944; 1,071]			1,039	[1,016; 1,063]			1,038	[1,012; 1,064]
				p = 0,097				p = 0,001				p = 0,004
<b>Nachtzeit von 22-06 Uhr</b>												
< 40 dB, max. < 50 dB	4 637	380 331	1,00	-	4 314	337 086	1,00	-	5 639	443 563	1,00	-
< 40 dB, max. ≥ 50 dB	2 773	222 319	1,04	[0,98; 1,09]								
≥ 40 – < 45 dB	1 813	140 511	1,07	[1,01; 1,13]	1 976	169 775	0,97	[0,92; 1,03]	1 231	102 929	0,99	[0,93; 1,06]
≥ 45 – < 50 dB	717	65 738	1,00	[0,92; 1,08]	1 583	131 960	1,01	[0,95; 1,07]	1 461	127 897	0,99	[0,93; 1,06]
≥ 50 – < 55 dB	348	24 693	1,14	[1,01; 1,28]	1 222	95 548	1,09	[1,02; 1,16]	1 176	94 192	1,07	[1,00; 1,14]
≥ 55 – < 60 dB	14	1 142	1,24	[0,73; 2,13]	819	67 195	1,09	[1,01; 1,18]	452	40 916	0,99	[0,89; 1,09]
≥ 60 dB	0	0	-	-	388	33 170	1,07	[0,96; 1,19]	343	25 237	1,23	[1,10; 1,37]
<b>Nachtzeit von 23-05 Uhr</b>												
< 40 dB, max. < 50 dB	4 649	382 121	1,00	-								
< 40 dB, max. ≥ 50 dB	3 244	257 513	1,04	[0,99; 1,09]								
≥ 40 – < 45 dB	1 538	123 392	1,06	[1,00; 1,13]								
≥ 45 – < 50 dB	661	55 504	1,02	[0,94; 1,11]								
≥ 50 – < 55 dB	203	15 955	1,10	[0,95; 1,27]								
≥ 55 – < 60 dB	7	249	2,80	[1,29; 6,07]								
≥ 60 dB	0	0	-	-								

\*Die Zuordnung zur Gruppe der verstorbenen Fälle erfolgte unabhängig von der tatsächlichen Todesursache. Berücksichtigt wurden die Todesfälle krankenkassenabhängig mindestens bis Februar 2014, längstens bis Januar 2015.  
 OR: Odds Ratio, adjustiert für Alter, Geschlecht, Bildung und Beruf (aus Tätigkeitskennzeichen), SGB-II-Quote (Quintile),  $L_{pAeq,24h}$ -ungewichteter 24h-Dauerschallpegel;  $L_{pAeq,Nacht}$ : Mittelungspegel in der gesetzlichen Nachtzeit von 22 bis 6 bzw. von 23 bis 5 Uhr;  
 95-%-KI, 95-%-Konfidenzintervall

**eTABELLE 3**

Verkehrslärm ( $L_{pAeq,24h}$ ) und inzidenter Herzinfarkt, nur Personen mit 24h-Dauerschallpegel < 40 dB in Referenzkategorie

Exposition	Fluglärm			Straßenverkehrslärm			Schienenverkehrslärm					
	Fälle	Kontrollpersonen	OR	95-%-KI	Fälle	Kontrollpersonen	OR	95-%-KI	Fälle	Kontrollpersonen	OR	95-%-KI
<b>24h-Dauerschallpegel</b>												
< 40 dB Verkehrslärm	1 136	47 180	1,00	--	1 136	47 180	1,00	--	1 136	47 180	1,00	--
< 40 dB, Max. $\geq$ 50 dB Fluglärm	1 346	52 825	1,09	[1,00; 1,18]								
< 40 dB, mindestens eine andere Verkehrslärmquelle $\geq$ 40 dB	5 839	249 666	1,05	[0,98; 1,12]	1 031	40 997	1,06	[0,97; 1,15]	9 589	399 785	1,04	[0,97; 1,10]
$\geq$ 40 – < 45 dB	5 839	249 666	1,05	[0,98; 1,12]	4 308	177 419	1,04	[0,98; 1,12]	2 445	104 139	1,07	[1,00; 1,15]
$\geq$ 45 – < 50 dB	3 029	134 464	1,04	[0,97; 1,12]	4 627	200 544	1,02	[0,96; 1,09]	2 966	132 524	1,04	[0,96; 1,11]
$\geq$ 50 – < 55 dB	1 151	52 923	1,01	[0,93; 1,10]	3 340	148 430	1,04	[0,97; 1,11]	2 115	91 861	1,08	[1,01; 1,17]
$\geq$ 55 – < 60 dB	376	15 845	1,10	[0,98; 1,12]	2 171	91 493	1,08	[1,00; 1,16]	823	36 040	1,07	[0,98; 1,18]
$\geq$ 60 – < 65 dB	6	196	1,48	[0,65; 3,39]	1 637	68 672	1,12	[1,03; 1,21]	340	13 783	1,14	[1,00; 1,29]
$\geq$ 65 – < 70 dB	--	--	--	--	1 069	46 715	1,09	[1,00; 1,19]	138	5 962	1,18	[0,99; 1,46]
$\geq$ 70 dB	--	--	--	--	313	13 284	1,16	[1,02; 1,32]	80	3 460	1,20	[0,95; 1,51]
<b>Kontinuierlich</b> (pro 10 dB), Personen mit mindestens einer anderen Verkehrslärmquelle $\geq$ 40dB ausgeschlossen			0,991	[0,958; 1,026]			1,033	[1,015; 1,051]			1,032	[1,004; 1,061]
				p = 0,615								p = 0,027

OR: Odds Ratio, adjustiert für Alter, Geschlecht, Bildung und Beruf (aus Tätigkeitskennzeichen), SGB-II-Quote (Quintile),  $L_{pAeq,24h}$ , ungewichteter 24h-Dauerschallpegel; 95-%-KI, 95-%-Konfidenzintervall

**eTABELLE 4**

Verkehrslärm ( $L_{pAeq,24h}$ ) und inzidenter Herzinfarkt, nur Versicherte mit bekanntem individuellem Sozialstatus (16,1 % der Herzinfarktpatienten, 36,6 % der Kontrollpersonen)

Exposition	Fluglärm			Straßenverkehrs­lärm			Schienenverkehrs­lärm			
	Fälle	Kontrollpersonen	OR	Fälle	Kontrollpersonen	OR	Fälle	Kontrollpersonen	OR	95%-KI
<b>24h-Dauerschallpegel</b>										
< 40 dB, max. < 50 dB	1 217	117 384	1,00	288	31 585	1,00	1 633	163 631	1,00	-
< 40 dB, max. ≥ 50 dB	213	19 400	1,08	[0,93; 1,25]						
≥ 40 – < 45 dB	939	92 981	0,99	[0,90; 1,08]	64 074	1,12	[0,97; 1,29]	38 427	1,12	[1,00; 1,25]
≥ 45 – < 50 dB	527	49 526	1,04	[0,93; 1,17]	73 146	1,12	[0,98; 1,29]	48 030	1,13	[1,02; 1,25]
≥ 50 – < 55 dB	207	19 922	1,02	[0,87; 1,19]	55 025	1,18	[1,02; 1,37]	33 606	1,10	[0,98; 1,24]
≥ 55 – < 60 dB	63	5 874	1,05	[0,81; 1,37]	33 433	1,21	[1,03; 1,42]	12 969	1,21	[1,02; 1,43]
≥ 60 – < 65 dB	1	83	1,28	[0,18; 9,35]	25 621	1,21	[1,02; 1,43]	4 944	1,01	[0,75; 1,35]
≥ 65 – < 70 dB	-	-	-	-	17 336	1,19	[0,99; 1,44]	2 244	0,99	[0,64; 1,53]
≥ 70 dB	-	-	-	-	4 950	1,20	[0,89; 1,62]	1 319	1,40	[0,86; 2,27]
<b>kontinuierlich (pro 10 dB)</b>			1,017	[0,952-1,087]		1,050	[1,009; 1,093]		1,061	[1,016; 1,109]
				p = 0,618			p = 0,017			p = 0,008

OR: Odds Ratio, adjustiert für Alter, Geschlecht, Bildung und Beruf (aus Tätigkeitskennzeichen), SGB- II-Quote (Quintile),  $L_{pAeq,24h}$ : ungewichteter 24h-Dauerschallpegel; 95%-KI: 95%-Konfidenzintervall

**6 TABELLE 5**

Verkehrslärm ( $L_{pAeq,24h}$ ) und inzidenter Herzinfarkt, altersstratifiziert

Exposition	Fluglärm			Straßenverkehrslärm			Schienenverkehrslärm					
	Fälle	Kontrollpersonen	OR	95-%-KI	Fälle	Kontrollpersonen	OR	95-%-KI	Fälle	Kontrollpersonen	OR	95-%-KI
<b>nur Versicherte unter 65 Jahren (4 597 Fälle, 486 170 Kontrollpersonen), 24h-Dauerschallpegel</b>												
< 40 dB, max. < 50 dB	1 776	183 842	1,00	-	424	48 157	1,00	-	2 372	253 636	1,00	-
< 40 dB, max. $\geq$ 50 dB	295	30 576	0,99	[0,87; 1,12]								
$\geq$ 40 – < 45 dB	1 385	147 684	0,95	[0,88; 1,02]	918	99 191	1,06	[0,94; 1,19]	592	62 208	1,02	[0,93; 1,11]
$\geq$ 45 – < 50 dB	767	81 706	0,94	[0,86; 1,03]	1 060	115 374	1,05	[0,94; 1,18]	751	79 242	1,02	[0,94; 1,11]
$\geq$ 50 – < 55 dB	281	32 484	0,87	[0,76; 1,00]	871	89 070	1,11	[0,99; 1,25]	526	55 305	1,02	[0,93; 1,13]
$\geq$ 55 – < 60 dB	92	9 756	0,99	[0,80; 1,24]	527	54 340	1,10	[0,97; 1,26]	218	21 503	1,09	[0,95; 1,26]
$\geq$ 60 – < 65 dB	1	122	0,84	[0,12; 6,07]	412	42 188	1,11	[0,97; 1,27]	76	8 252	0,99	[0,78; 1,24]
$\geq$ 65 – < 70 dB	-	-	-	-	289	29 332	1,10	[0,95; 1,28]	35	3 828	0,99	[0,71; 1,39]
$\geq$ 70 dB	-	-	-	-	96	8 518	1,28	[1,02; 1,60]	27	2 196	1,37	[0,93; 2,02]
kontinuierlich (pro 10 dB)			0,961	0,910; 1,016]			1,040	[1,006; 1,075]			1,019	[0,983; 1,057]
				p = 0,160				p = 0,020				p = 0,301
<b>nur Versicherte ab 65 Jahren (15 035 Fälle, 348 564 Kontrollpersonen), 24h-Dauerschallpegel</b>												
< 40 dB, max. < 50 dB	6 109	144 973	1,00	-	1 743	40 020	1,00	-	8 353	193 329	1,00	-
< 40 dB, max. $\geq$ 50 dB	1 051	22 249	1,06	[0,99; 1,14]								
$\geq$ 40 – < 45 dB	4 454	101 982	1,03	[0,99; 1,07]	3 390	78 228	1,01	0,95; 1,07	1 853	41 931	1,04	[0,99; 1,10]
$\geq$ 45 – < 50 dB	2 262	52 758	1,02	[0,96; 1,07]	3 567	85 170	0,98	0,92; 1,04	2 215	53 282	0,99	[0,94; 1,04]
$\geq$ 50 – < 55 dB	870	20 439	1,01	[0,94; 1,09]	2 469	59 360	0,98	0,92; 1,04	1 589	36 556	1,05	[1,00; 1,11]
$\geq$ 55 – < 60 dB	284	6 089	1,09	[0,96; 1,24]	1 644	37 153	1,03	0,96; 1,11	605	14 537	1,02	[0,93; 1,11]
$\geq$ 60 – < 65 dB	5	74	1,72	[0,69; 4,28]	1 225	26 484	1,08	1,00; 1,17	264	5 531	1,13	[0,99; 1,28]
$\geq$ 65 – < 70 dB	-	-	-	-	780	17 383	1,04	0,96; 1,14	103	2 134	1,19	[0,98; 1,46]
$\geq$ 70 dB	-	-	-	-	217	4 766	1,07	0,92; 1,23	53	1 264	1,06	[0,81; 1,40]
kontinuierlich (pro 10 dB)			1,006	[0,975; 1,038]			1,021	1,002; 1,041			1,021	[1,000; 1,043]
				p = 0,712				p = 0,030				p = 0,051

OR: Odds Ratio, adjustiert für Alter, Geschlecht, Bildung und Beruf (aus Tätigkeitskennzeichen), SGB-II-Quote (Quintile),  $L_{pAeq,24h}$ -ungewichteter 24h-Dauerschallpegel; 95-%-KI, 95-%-Konfidenzintervall