

TEXTE

04/2023

Einfluss des Lärms auf psychische Erkrankungen des Menschen

von:

Prof. Dr. Andreas Seidler, Dr. Melanie Schubert, Dr. Karla Romero Starke, Dr. Janice Hegewald
Institut und Poliklinik für Arbeits- und Sozialmedizin (IPAS), Technische Universität Dresden,
Dresden

Prof. Dr. Steffi G. Riedel-Heller, Dr. Andrea Zülke

Institut für Sozialmedizin, Arbeitsmedizin und Public Health, Universität Leipzig, Leipzig

Prof. Dr.-Ing. Udo Becker, Dipl.-Ing. Wolfram Schmidt, Dipl.-Ing. Julia Gerlach
Institut für Verkehrsplanung und Straßenverkehr, Technische Universität Dresden, Dresden

Dipl.-Ing. Dieter Friedemann, Dipl.-Ing. Bianca Schumacher
cdf Schallschutz, Dresden

Prof. Dr. Hajo Zeeb

Leibniz-Institut für Präventionsforschung und Epidemiologie - BIPS GmbH

Herausgeber:

Umwelbundesamt

TEXTE 04/2023

Ressortforschungsplan des Bundesministeriums für
Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und
Verbraucherschutz

Forschungskennzahl 3717 56 102 0
FB000874

Abschlussbericht

Einfluss des Lärms auf psychische Erkrankungen des Menschen

von

Prof. Dr. Andreas Seidler, Dr. Melanie Schubert, Dr. Karla
Romero Starke, Dr. Janice Hegewald
Institut und Poliklinik für Arbeits- und Sozialmedizin (IPAS),
Technische Universität Dresden, Dresden

Prof. Dr. Steffi G. Riedel-Heller, Dr. Andrea Zülke
Institut für Sozialmedizin, Arbeitsmedizin und Public Health,
Universität Leipzig, Leipzig

Prof. Dr.-Ing. Udo Becker, Dipl.-Ing. Wolfram Schmidt,
Dipl.-Ing. Julia Gerlach
Institut für Verkehrsplanung und Straßenverkehr, Techni-
sche Universität Dresden, Dresden

Dipl.-Ing. Dieter Friedemann, Dipl.-Ing. Bianca Schuma-
cher
cdf Schallschutz, Dresden

Prof. Dr. Hajo Zeeb
Leibniz-Institut für Präventionsforschung und Epidemiologie
- BIPS GmbH

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

Impressum

Herausgeber

Umweltbundesamt
Wörlitzer Platz 1
06844 Dessau-Roßlau
Tel: +49 340-2103-0
Fax: +49 340-2103-2285
buergerservice@uba.de
Internet: www.umweltbundesamt.de

 [/umweltbundesamt.de](https://www.facebook.com/umweltbundesamt.de)

 [/umweltbundesamt](https://twitter.com/umweltbundesamt)

Durchführung der Studie:

Institut und Poliklinik für Arbeits- und Sozialmedizin (IPAS)
Fetscherstr. 74
01307 Dresden

Abschlussdatum:

Juni 2022

Redaktion:

Fachgebiet I 2.4 „Lärminderung bei Anlagen und Produkten, Lärmwirkungen“
Jördis Wothge

Publikationen als pdf:

<http://www.umweltbundesamt.de/publikationen>

ISSN 1862-4804

Dessau-Roßlau, April 2023

Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autorinnen und Autoren.

Verantwortliche Projektleitung:

Univ.-Prof. Dr. med. Andreas Seidler, MPH (Projektleitung)
Dr. rer. nat. Melanie Schubert (Projektkoordination)
Dr. rer. medic. Karla Romero Starke (Leitung der Auswertestelle)
Dr. rer. biol. hum. Janice Hegewald, M.Sc. (Leitung der Auswertestelle)
Institut und Poliklinik für Arbeits- und Sozialmedizin (IPAS)
Medizinische Fakultät der TU Dresden
der Technischen Universität Dresden
Besucheranschrift: Löscherstraße 18, 01309 Dresden
Postanschrift: Fetscherstraße 74, 01307 Dresden
Tel.: +49 (0)351/3177441, Fax: +49 (0)351/3177459
Email: Andreas.Seidler@mailbox.tu-dresden.de

Erhebungsstelle LIFE-Probanden Teilstudie 2; psychiatrische Expertise Gesamtprojekt

Univ.-Prof. Dr. med. Steffi G. Riedel-Heller, MPH (Leitung der Erhebungsstelle)
Direktorin des Instituts für Sozialmedizin, Arbeitsmedizin und Public Health
Universität Leipzig, Medizinische Fakultät
Philipp-Rosenthal-Straße 55, 04103 Leipzig
Tel.: +49 (0)341/9715408, Fax: +49 (0)341/9715409
Email: Steffi.Riedel-Heller@medizin.uni-leipzig.de

Erhebungsstelle Akustik Teilstudie 2; akustische Expertise Gesamtprojekt

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Udo Becker,
TU Dresden, Lehrstuhl für Verkehrsökologie
Fakultät Verkehrswissenschaften Friedrich List
Institut für Verkehrsplanung und Straßenverkehr
Dresdner Institut für Verkehr und Umwelt e.V.
Hettnerstraße 1, D - 01069 Dresden, Räume 7-11
Tel.: +49(0)351/46336566, Fax: + 49(0)351/46337718
Email: udo.becker@tu-dresden.de

Berechnung akustischer Maßzahlen

cdf Schallschutz Dr. Fürst
Inhaber: Dipl.-Ing. D. Friedemann
Alte Dresdner Straße 54
01108 Dresden
Tel.: +49 (0)351/8809057; Fax: +49 (0)351/8809066
Email: info@cdf-schallschutz.de

Interne Qualitätssicherung Epidemiologie

Univ.-Prof. Dr. med. Hajo Zeeb, MSc
Leibniz-Institut für Präventionsforschung und Epidemiologie - BIPS GmbH
Abt. Prävention und Evaluation
Achterstraße 30, D-28359 Bremen
Tel.: +49 (0)421/21856902, Fax +49 (0)421/21856941
Email: zeeb@leibniz-bips.de

Kurzbeschreibung: Einfluss des Lärms auf psychische Erkrankungen des Menschen

In dieser Studie wurde der Einfluss von Verkehrslärm auf die psychische Gesundheit mit einem systematischen Review und mit zwei epidemiologischen Studien (Teilstudien 1 und 2) untersucht. Im Rahmen der Teilstudie 1 erfolgte eine erweiterte Analyse der NORAH-Studie zu Krankheitsrisiken. In Teilstudie 2 wurden Erhebungsdaten der Leipziger LIFE-Kohortenstudie mit adressgenauen Verkehrslärm-Daten und adressgenauen Daten zu Luftschadstoffen verknüpft und ausgewertet.

Das vorliegende Projekt kann durch den Einsatz unterschiedlicher methodischer Ansätze (systematischer Review, vertiefende Analyse der im Rhein-Main-Gebiet durchgeführten NORAH-Studie zu Krankheitsrisiken im Kohortenansatz, Analyse der Leipziger LIFE-Baseline-Untersuchung sowie der LIFE-Follow-up-Untersuchung im Kohortenansatz) einen Einfluss von Verkehrslärm auf das Auftreten von psychischen Erkrankungen (insbesondere Depressionen und Angststörungen) aufzeigen. Erstmals konnte eine schädigende Gesundheitswirkung (Verdopplung des Risikos für Depressionen bzw. Angststörungen) für drei und mehr bahnlärmbezogene Aufwachreaktionen empirisch bestätigt werden. Allerdings lässt sich auf Grundlage der Studie nicht feststellen, ab welcher Zahl von Aufwachreaktionen unterhalb von 3 das Depressionsrisiko bzw. das Risiko für eine Angststörung deutlich erhöht ist. Die vorgelegten Verlaufskurven zum Anteil hoch belastigter bzw. hochgradig schlafgestörter Personen liegen beim Bahnlärm tendenziell unter den entsprechenden WHO-Kurven, beim Fluglärm tendenziell darüber. Die begrenzte Studienpower der vergleichsweise „jungen“ LIFE-Kohorte lässt eine Wiederholung der Auswertung im 10-Jahres-Follow-up als wünschenswert erscheinen.

Abstract: Influence of noise on mental illness in humans

In this project, we studied the influence of traffic noise on mental health using three different approaches: a systematic review and two epidemiological sub-studies (substudy 1 and substudy 2). In sub-study 1, an extended analysis of the NORAH study on health risks was carried out. In sub-study 2, survey data from the Leipzig LIFE cohort study was linked to address-specific traffic noise and air pollutant data and was evaluated.

By using different methodological approaches (systematic review, in-depth analysis of the NORAH study on disease risks conducted in the Rhine-Main area using a longitudinal approach, analysis of the Leipzig LIFE Baseline study as well as the LIFE follow-up study using a longitudinal approach), the present project is able to demonstrate an influence of traffic noise on the occurrence of mental illnesses (especially depression and anxiety disorders). For the first time, a detrimental health effect (doubling of the risk for depression or anxiety disorders) could be empirically confirmed for three and more railroad noise-related awakening reactions. Nevertheless, based on this study, it cannot be determined which number of awakening reactions below 3 the depression and anxiety risks are considerably increased. The presented curves for the proportion of highly annoyed or highly sleep disturbed persons tend to be below the corresponding WHO curves for railroad noise, and tend to be above them for aircraft noise. The limited study power of the comparatively "young" LIFE cohort makes a replication of the evaluation in the 10-year follow-up desirable.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	11
Tabellenverzeichnis	12
Abkürzungsverzeichnis.....	19
Zusammenfassung	24
Summary	33
1 Hintergrund zur Studie.....	41
2 Systematischer Review.....	44
2.1 Forschungsfrage.....	44
2.2 Kriterien für den Studienein- bzw. -ausschluss.....	44
2.2.1 Population	44
2.2.2 Exposition	45
2.2.3 Outcome.....	45
2.2.4 Weitere Ein- und Ausschlusskriterien	46
2.2.5 Suchstrategien zur Literaturrecherche.....	46
2.2.5.1 Elektronische Datenbanksuche.....	46
2.2.5.2 Suchstring	47
2.2.6 Titel-Abstract und Volltextsichtung	47
2.2.7 Qualitätsbewertung und Datenextraktion	50
2.2.8 Datensynthese	50
2.2.8.1 Vereinheitlichung der Lärmwerte auf den gewichteten L_{DEN} -Pegel.....	50
2.2.8.2 Metaanalyse.....	51
2.3 Ergebnisse.....	52
2.3.1 Studien zu psychischen Auffälligkeiten bei Kindern.....	52
2.3.2 Depression	62
2.3.2.1 Straßenverkehrslärm.....	72
2.3.2.2 Fluglärm	75
2.3.2.3 Schienenverkehrslärm.....	77
2.3.2.4 Alle Verkehrslärmquellen	78
2.3.3 Angststörungen.....	78
2.3.3.1 Straßenverkehrslärm.....	84
2.3.3.2 Fluglärm	86
2.3.3.3 Schienenverkehrslärm.....	86
2.3.3.4 Alle Verkehrslärmquellen	86

2.3.4	Kognitive Beeinträchtigungen und Demenzerkrankungen	86
2.3.5	Andere psychische Erkrankungen.....	90
2.4	Zusammenfassung der Ergebnisse.....	94
3	Epidemiologische Studien	96
3.1	Teilstudie 1: Vertiefende Auswertung der NORAH-Studie zu Krankheitsrisiken	96
3.1.1	Hintergrund	96
3.1.2	Methoden.....	97
3.1.2.1	Studiendesign.....	97
3.1.2.2	Datengrundlage.....	97
3.1.2.3	Datenaufbereitung	99
3.1.2.4	Einbezogene Krankheitsdiagnosen	100
3.1.2.5	Kohortenenumeration.....	103
3.1.2.6	Potenzielle Confounder, intermediäre Faktoren, Effektmodifikatoren	106
3.1.2.7	Statistische Auswertung	113
3.1.2.8	Vertiefende Befragung („vertiefende Fallkontrollstudie“)	115
3.1.2.9	Analyse der vertiefenden Befragung.....	118
3.1.2.10	Datenmanagement	120
3.1.3	Ergebnisse.....	121
3.1.3.1	Einfluss von sozioökonomischen und Lebensstil-bezogenen Faktoren auf die Abschätzung der Verkehrslärmrisiken – Ergebnisse der vertiefenden Befragung der NORAH-Studie.....	121
3.1.3.2	Charakteristika der in den Kohortenansatz einbezogenen Probanden	128
3.1.3.3	Inzidenzraten-Ratios (IRR) für eine neu diagnostizierte Depression.....	136
3.1.3.4	Inzidenzraten-Ratios für eine neudiagnostizierte Angststörung	151
3.1.3.5	Inzidenzraten-Ratios (IRR) für eine neu diagnostizierte Demenzerkrankung.....	167
3.1.4	Zusammenfassung der Ergebnisse der Teilstudie 1.....	182
4	Teilstudie 2	184
4.1	Methodik	185
4.1.1	Studiendesign	185
4.1.2	Akustik.....	186
4.1.2.1	Straßenverkehr	186
4.1.2.2	Schienenverkehr	192
4.1.2.3	Straßenbahn	195
4.1.2.4	Luftverkehr	195
4.1.2.5	Berechnung der akustischen Kenngrößen.....	196

4.1.2.6	Expositionsdaten für Verkehrslärm.....	200
4.1.3	Luftschadstoffe	200
4.1.3.1	Hintergrund.....	200
4.1.3.2	Luftschadstoff-Berechnungen.....	202
4.1.4	Verknüpfung der akustischen Daten und Luftschadstoffdaten mit den Adressdaten der LIFE-Kohortenteilnehmenden.....	210
4.1.4.1	Zuordnung von Adressdaten zu Gebäuden	210
4.1.4.2	Vorgehen Adressverknüpfung und Modellierung der akustischen Kennwerte für die LIFE- Probandenstichprobe.....	212
4.2	Erfassung der Outcomes in der LIFE-Studie.....	214
4.2.1	Depression	214
4.2.2	Angststörungen.....	214
4.2.3	Demenzerkrankungen.....	215
4.2.4	Lärmbelästigung und Schlafstörungen.....	216
4.2.5	Datenaufbereitung.....	216
4.2.5.1	Datenhaltung und Dokumentation	216
4.2.5.2	Datenbankmanagement und Statistik-Software.....	217
4.2.5.3	Lärmdaten.....	217
4.2.6	Potenzielle Confounder, intermediäre Faktoren, Effektmodifikatoren.....	217
4.2.6.1	Effektmodifikatoren	218
4.2.6.2	Beschreibung einzelner Faktoren des Grundmodells	219
4.2.6.3	Beschreibung einzelner Faktoren der „Direkte-Effekte-Modelle“	219
4.2.7	Statistische Auswertung	223
4.2.7.1	Deskriptive Statistik.....	223
4.2.7.2	Berechnung der Risikoschätzer.....	223
4.2.8	Datenmanagement	227
4.2.8.1	Fehlende Werte	227
4.2.8.2	Ausreißer	227
4.2.8.3	Datenschutz	227
4.2.8.4	Datenaufbewahrungsfristen.....	228
4.2.8.5	Qualitätskontrolle und Qualitätssicherung.....	228
4.3	Ergebnisse.....	228
4.3.1	Beschreibung der Stichprobe.....	228
4.3.1.1	Depression	228
4.3.1.2	Angststörungen.....	230

4.3.1.3	Demenzerkrankung/ kognitive Beeinträchtigung.....	232
4.3.2	Verkehrslärmbelastung in Leipzig.....	235
4.3.3	Querschnittsanalyse: Ergebnisse zum Zusammenhang zwischen Depression und Verkehrslärm	238
4.3.4	Querschnittsanalyse (Sensitivitätsanalyse): Vergleich der lärmbedingten Risiken für eine Depression durch Eisenbahnverkehrslärm und Straßenbahnverkehrslärm.....	246
4.3.5	Querschnittsanalyse: Ergebnisse zum Zusammenhang zwischen Angststörungen und Verkehrslärm	250
4.3.6	Querschnittsanalyse (Sensitivitätsanalyse): Vergleich der lärmbezogenen Risiken für eine Angststörung durch Eisenbahnverkehrslärm und Straßenbahnverkehrslärm	256
4.3.7	Querschnittsanalyse: Ergebnisse zum Zusammenhang zwischen einer kognitiven Beeinträchtigung und Verkehrslärm	260
4.3.8	Querschnittsanalyse (Sensitivitätsanalyse): vergleich der lärmbedingten Risiken für eine kognitive Beeinträchtigung durch Eisenbahnverkehrslärm und Straßenbahnverkehrslärm	266
4.3.9	Zusammenfassung der Ergebnisse aus der Querschnittsbetrachtung.....	270
4.3.10	Längsschnitt: Beschreibung der Stichprobe	272
4.3.10.1	Datenverfügbarkeit	272
4.3.10.2	Inzidente Depression.....	274
4.3.10.3	Inzidente Angststörungen.....	278
4.3.10.4	Inzidente kognitive Beeinträchtigungen.....	281
4.3.10.5	Lost-to-Follow-up-Analyse.....	281
4.3.11	Ergebnisse zum Zusammenhang zwischen Verkehrslärm und inzidenter Depression ...	283
4.3.11.1	Hauptanalyse (Grundmodell).....	283
4.3.11.2	Weitere Modelle (Modell B-F)	288
4.3.11.3	Stratifizierung.....	288
4.3.11.4	Sensitivitätsanalyse: Einschluss von Personen mit fehlenden Angaben zu einer vorliegenden Depression bei der Baseline-Untersuchung	288
4.3.12	Ergebnisse zum Zusammenhang zwischen Verkehrslärm und inzidenten Angststörungen	289
4.3.12.1	Hauptanalyse	289
4.3.12.2	Weitere Modelle (Modell B-F)	294
4.3.12.3	Stratifizierung.....	295
4.3.12.4	Sensitivitätsanalyse: Einschluss von Personen mit fehlenden Angaben zu einer vorliegenden Angststörung bei der Baseline-Untersuchung	295
4.3.13	Ergebnisse zum Zusammenhang zwischen Verkehrslärm und hoher Belästigung bei der Follow-up-Befragung.....	295

4.3.13.1	Beschreibung der Stichprobe.....	295
4.3.13.2	Expositions-Risiko-Beziehung zwischen Verkehrslärm und darauf bezogener hoher Belästigung (Grundmodell).....	302
4.3.14	Ergebnisse zum Zusammenhang zwischen Verkehrslärm und starker Schlafgestörtheit bei der Follow-up-Befragung.....	307
4.3.14.1	Beschreibung der Stichprobe.....	307
4.3.14.2	Expositions-Risiko-Beziehung zwischen Verkehrslärm und darauf bezogener hochgradiger Schlafstörung (Grundmodell)	314
4.3.15	Quadratische Funktionen zum Anteil der hoch Belästigten und hochgradig Schlafgestörten durch Verkehrslärm	319
4.3.16	Umzugsverhalten	325
4.3.16.1	Zusammenhang zwischen Depression und dem Umzugsverhalten.....	326
4.3.16.2	Zusammenhang zwischen Angststörung und Umzugsverhalten	327
4.3.17	Berücksichtigung einer möglichen Beeinflussung der Ergebnisse durch die Coronapandemie.....	329
4.3.17.1	Definition der Coronaeinschränkungen	329
4.3.17.2	Zum Einfluss der Coronabeschränkungen auf die Ergebnisse zur Depression	330
4.3.17.3	Angststörungen.....	335
4.3.17.4	Verkehrsaufkommen während der Coronapandemie	340
4.3.18	Gemeinsame Analyse von Depression und Angststörungen.....	340
4.3.19	Zusammenfassung der Ergebnisse.....	340
4.4	Einordnung der Ergebnisse des Projektvorhabens „Lärm und Psyche“ und Schlussbemerkung	343
5	Quellenverzeichnis.....	348
A	Anhang	363
A.1	Auflistung der Publikationen aus der Volltextsichtung.....	363
A.1.1	Eingeschlossene Publikationen.....	363
A.1.2	Ausgeschlossene Publikationen.....	363
A.2	Extraktionstabellen systematisches Review	363
A.3	Formeln für die Expositions-Wirkungskurven %HA und %HSD	364
A.4	Tabellen Teilstudie 2	364
A.5	Beschreibung der Verkehrsentwicklung im Stadtgebiet Leipzig im Untersuchungszeitraum	364

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Suchstring für Pubmed	47
Abbildung 2:	PRISMA-Flow-Diagramm für die Literatursuche	49
Abbildung 3:	Ergebnisse der Metaanalyse und Darstellung der Risikoschätzer der einzelnen Studien (Hjorteberg et al. 2016; auf Risikoanstieg pro 10 dB L_{DEN} umgerechnet), Tiesler et al. 2013 und Lim et al. 2018).....	61
Abbildung 4:	Metaanalyse Depression für Straßenverkehrslärm, Schienenverkehrslärm und Fluglärm.....	73
Abbildung 5:	Sensitivitätsanalyse Depression und Straßenverkehrslärm (Studienqualität)	74
Abbildung 6:	Sensitivitätsanalyse Depression und Fluglärm (Studienqualität).....	76
Abbildung 7:	Sensitivitätsanalyse Depression und Fluglärm (Umwandlung L_{Night} in L_{DEN})	77
Abbildung 8:	Risikoschätzer und Metaanalyse Angststörungen und Verkehrslärm.....	85
Abbildung 9:	DAG für Verkehrslärm und Depression sowie Angststörungen.....	109
Abbildung 10:	DAG für Verkehrslärm und Demenz.....	110
Abbildung 11:	Lärmkartierung der Stadt Leipzig 2012 (Quelle: Stadt Leipzig).....	185
Abbildung 12:	Pegeldifferenz L_{DEN} zwischen dem Straßennetz der strategischen Lärmkartierung und der Kartierung des Gesamtstraßennetzes (gemäß Becker 2016)	187
Abbildung 13:	Datengrundlage zu Verkehrsmengen auf dem Leipziger Straßennetz.....	190
Abbildung 14:	Zugbewegungen in Leipzig an einem repräsentativen Beispieltag 2012/ Personenzüge.....	193
Abbildung 15:	Zugbewegungen an einem repräsentativen Beispieltag in Leipzig 2012/ Güterzüge	194
Abbildung 16:	Kurvenverlauf der Aufwachwahrscheinlichkeit für Fluglärm und Eisenbahnverkehrslärm (Güterzug).....	199
Abbildung 17:	Jahresmittelwerte der NO_2 -Konzentration 2011 im Leipziger Hauptstraßennetz	205
Abbildung 18:	Jahresmittelwerte der PM_{10} -Konzentration 2011 im Leipziger Hauptstraßennetz	206
Abbildung 19:	Jahresmittelwerte der NO_2 -Konzentration 2011 im Leipziger Hintergrund.....	207
Abbildung 20:	Jahresmittelwerte der PM_{10} -Konzentration 2011 im Leipziger Hintergrund.....	208
Abbildung 21:	Jahresmittelwerteder NO_2 -Konzentration im leipziger Stadtgebiet (Ausschnitt) mit Lage der Straßenrandbebauung.....	209
Abbildung 22:	Verlinkung der Adressen mit dem Leipziger Gebäudebestand: Beispiel Standardfall.....	211
Abbildung 23:	Verlinkung der Adressen mit dem Leipziger Gebäudebestand: Beispiel n:1-Beziehung (links), 1:n-Beziehung (rechts)	212
Abbildung 24:	Ergebnisse der Verlinkung der Leipziger Gebäudedaten mit dem Ausgangsdatensatz (n=19.999 Adressen).....	213

Abbildung 25:	Verteilung der Verkehrslärmbelastung (L_{DEN}) bei den LIFE-Teilnehmenden	236
Abbildung 26:	Rasterlärmberechnung Straßenverkehr – nur Hauptstraßen (Lärmkartierung Stadt Leipzig 2012)	237
Abbildung 27:	Rasterlärmberechnung Straßenverkehr – Haupt- und Nebenstraßen (diese Studie)	237
Abbildung 28:	Prozessablauf für Depression und Angststörungen	272
Abbildung 29:	Prozessablauf für Sensitivitätsanalyse Depression/ Angststörungen	273
Abbildung 30:	Prozessablauf für kognitive Einschränkungen	274
Abbildung 31:	Verlaufskurve für den Anteil hoch Belästigter (%HA) bei gegebenen L_{DEN} Straßenverkehrslärm (A), Fluglärm (B) und Schienenverkehrslärm (C)	321
Abbildung 32:	Verlaufskurve für den Anteil hoch Belästigter (%HA) bei gegebenem L_{Night} Straßenverkehrslärm (A), Fluglärm (B) und Schienenverkehrslärm (C).....	322
Abbildung 33:	Verlaufskurve für den Anteil hochgradig Schlafgestörter (%HSD) bei gegebenem L_N Straßenverkehrslärm (A), Fluglärm (B) und Schienenverkehrslärm (C).....	324
Abbildung 34:	Verlaufskurve für den Anteil hochgradig Schlafgestörter (% HSD) bei gegebenem L_{DEN} Straßenverkehrslärm (A), Fluglärm (B) und Schienenverkehrslärm (C).....	325

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	PEO-Schema mit Ein- und Ausschlusskriterien	44
Tabelle 2:	Ein- und Ausschlusskriterien (Population).....	45
Tabelle 3:	Ein- und Ausschlusskriterien (Exposition).....	45
Tabelle 4:	Ein- und Ausschlusskriterien (Outcome)	46
Tabelle 5:	Ein- und Ausschlusskriterien.....	46
Tabelle 6:	Studienbewertung nach SIGN (2008) und CASP (2008)	50
Tabelle 7:	Berechnung des L_{DEN} nach Brink et al. 2018	51
Tabelle 8:	Studien zu psychischen Erkrankungen von Kindern und Verkehrslärm	55
Tabelle 9:	Studien zu Depression und Verkehrslärm	64
Tabelle 10:	„Leave-one-out-Analyse“ zum Zusammenhang zwischen Depression und Straßenverkehrslärm.....	74
Tabelle 11:	„Leave-one-out-Analyse“ zum Zusammenhang zwischen Depression und Fluglärm	77
Tabelle 12:	Studien zu Angststörungen und Verkehrslärm	80
Tabelle 13:	„Leave-one-out-Analyse“ zum Zusammenhang zwischen Angststörungen und Straßenverkehrslärm	85
Tabelle 14:	Studien zu kognitiven Beeinträchtigungen bzw. Demenzerkrankungen und Verkehrslärm.....	88
Tabelle 15:	Studien zu anderen psychischen Erkrankungen und Verkehrslärm.....	91

Tabelle 16:	Lärmeinteilung nach Kategorien (5 dB-Klassen) für den 24h-Dauerschallpegel.....	99
Tabelle 17:	Kodierung von Depression.....	100
Tabelle 18:	Kodierung von Angststörungen	101
Tabelle 19:	Kodierung von Demenz	102
Tabelle 20:	Beispiele von neu diagnostizierten Fällen von Depression (oder Angststörung).....	104
Tabelle 21:	Beispiele für die Definition von Personenmonaten	106
Tabelle 22:	Gesicherte bzw. diskutierte Risikofaktoren der untersuchten psychischen Erkrankungen	106
Tabelle 23:	DAG-basierte „Adjustment Sets“	111
Tabelle 24:	Poisson-Regressionsmodelle der Sekundärdaten.....	114
Tabelle 25:	Modelle für die vertiefende Befragung.....	119
Tabelle 26:	Verkehrslärm und neu diagnostizierte Depression in der Befragungsstudie (linke Spalten) und in der sekundärdatengestützten Studie (rechte Spalten).....	123
Tabelle 27:	Verkehrslärm und neu diagnostizierte Depression – Grundmodell (linke Spalte; Modell 1b), Direkte-Effekte-Modell (mittlere Spalte; Modell 2) und zusätzliche Adjustierung für Rauchen und Alkoholkonsum (rechte Spalte; Modell 3).....	125
Tabelle 28:	Verkehrslärm und neu diagnostizierte Depression –Grundmodell (linke Spalte; Modell 1b), stratifiziert nach Verkehrslärmbelastigung.....	126
Tabelle 29:	Verkehrslärm und neu diagnostizierte Depression – Grundmodell (linke Spalte; Modell 1b), stratifiziert für Lärmschutzmaßnahmen	127
Tabelle 30:	Charakteristika der Probanden zur Analyse der Depressionen	129
Tabelle 31:	Charakteristika der Probanden zur Analyse der Angststörungen.....	130
Tabelle 32:	Charakteristika der Probanden zur Analyse der Demenzerkrankungen	133
Tabelle 33:	Inzidenzraten-Ratios (IRR) für den Zusammenhang zwischen Verkehrslärm und einer neu diagnostizierten Depression.....	137
Tabelle 34:	Inzidenzraten-Ratios (IRR) für den Zusammenhang zwischen Verkehrslärm und einer neu diagnostizierten Depression, nur Personen mit bekanntem sozioökonomischen Status	140
Tabelle 35:	Inzidenzraten-Ratios (IRR) für den Zusammenhang zwischen Verkehrslärm und einer ausschließlich ambulant diagnostizierten Depression	143
Tabelle 36:	Inzidenzraten-Ratios (IRR) für den Zusammenhang zwischen Verkehrslärm und einer mindestens einmal stationär diagnostizierten Depression	145
Tabelle 37:	Inzidenzraten-Ratios (IRR) für den Zusammenhang zwischen Verkehrslärm und einer ausschließlich ambulant diagnostizierten Depression, nur Personen mit bekanntem Sozialstatus.....	147
Tabelle 38:	Inzidenzraten-Ratios (IRR) für den Zusammenhang zwischen Verkehrslärm und einer mindestens einmal stationär diagnostizierten Depression, nur Personen mit bekanntem Sozialstatus.....	149

Tabelle 39:	Inzidenzraten-Ratios (IRR) für den Zusammenhang zwischen Verkehrslärm und einer neu diagnostizierten Angststörung.....	153
Tabelle 40:	Inzidenzraten-Ratios (IRR) für den Zusammenhang zwischen Verkehrslärm und einer neu diagnostizierten Angststörung, nur Personen mit bekanntem sozioökonomischem Status	156
Tabelle 41:	Inzidenzraten-Ratios (IRR) für den Zusammenhang zwischen Verkehrslärm und einer ausschließlich ambulant diagnostizierten Angststörung.....	159
Tabelle 42:	Inzidenzraten-Ratios (IRR) für den Zusammenhang zwischen Verkehrslärm und einer mindestens einmal stationär diagnostizierten Angststörung.....	161
Tabelle 43:	Inzidenzraten-Ratios (IRR) für den Zusammenhang zwischen Verkehrslärm und einer ausschließlich ambulant diagnostizierten Angststörung, nur Personen mit bekanntem Sozialstatus	163
Tabelle 44:	Inzidenzraten-Ratios (IRR) für den Zusammenhang zwischen Verkehrslärm und einer mindestens einmal stationär diagnostizierten Angststörung, nur Personen mit bekanntem Sozialstatus	165
Tabelle 45:	Inzidenzraten-Ratios (IRR) für den Zusammenhang zwischen Verkehrslärm und einer neu diagnostizierten Demenzerkrankung (Gesamtgruppe)	169
Tabelle 46:	Inzidenzraten-Ratios (IRR) für den Zusammenhang zwischen Verkehrslärm und einer neu diagnostizierten Alzheimer-Krankheit	171
Tabelle 47:	Inzidenzraten-Ratios (IRR) für den Zusammenhang zwischen Verkehrslärm und einer neu diagnostizierten vaskulären Demenz.....	173
Tabelle 48:	Inzidenzraten-Ratios (IRR) für den Zusammenhang zwischen Verkehrslärm und einer neu diagnostizierten Demenzerkrankung, nur Personen mit bekanntem Sozialstatus	176
Tabelle 49:	Inzidenzraten-Ratios (IRR) für den Zusammenhang zwischen Verkehrslärm und einer neu diagnostizierten Alzheimer-Krankheit, nur Personen mit bekanntem Sozialstatus.....	178
Tabelle 50:	Inzidenzraten-Ratios (IRR) für den Zusammenhang zwischen Verkehrslärm und einer neu diagnostizierten vaskulären Demenz, nur Personen mit bekanntem Sozialstatus	180
Tabelle 51:	Berechnung der Leipziger PKW-Gesamtfahrleistung 2012.....	188
Tabelle 52:	Ableitung eines mittleren DTV-Wertes auf den Leipziger Nebennetzstraßen.....	188
Tabelle 53:	Berechnete akustische Kenngrößen („+“ berechnet, „-“ nicht berechnet)	199
Tabelle 54:	Lärmeinteilung nach Kategorien (5 dB-Klassen) für den L_{DEN}	217
Tabelle 55:	Modelle zum Zusammenhang zwischen Verkehrslärm und den Outcomes.....	218
Tabelle 56:	Regressionsmodelle der LIFE-Daten.....	224
Tabelle 57:	Verwendete Modelle in der Längsschnittauswertung	226
Tabelle 58:	Charakterisierung der Stichprobe (Depression).....	229

Tabelle 59:	Charakterisierung der Stichprobe (Angststörungen)	231
Tabelle 60:	Charakterisierung der Stichprobe (kognitive Störungen).....	233
Tabelle 61:	Mittlere Lärmexposition der LIFE-Probanden mit Unterteilung nach depressiven Symptomen	235
Tabelle 62:	Vergleich der mittleren Lärmexposition der Schienenverkehrslärmquellen	238
Tabelle 63:	Querschnittanalyse zur Depression: Prävalenz-Odds-Ratios (POR) der multivariablen logistischen Regressionsanalysen im „Grundmodell“	241
Tabelle 64:	Querschnittanalyse zur Depression: Prävalenz-Odds-Ratios (POR) der multivariablen logistischen Regressionsanalysen im „Direkte-Effekte- Modell“	243
Tabelle 65:	Querschnittanalyse zur Depression: Aufwachreaktionen für Eisenbahnverkehrslärm im „Grundmodell“.....	245
Tabelle 66:	Querschnittanalyse zur Depression: Aufwachreaktionen für Eisenbahnverkehrslärm im „Direkte-Effekte-Modell“	245
Tabelle 67:	Querschnittanalyse zur Depression: Deskriptive Statistik für die Aufwachreaktion für Fluglärm	245
Tabelle 68:	Querschnittanalyse zur Depression: Prävalenz-Odds-Ratios (POR) der multivariablen logistischen Regressionsanalysen im „Grundmodell“ für Schienenverkehrslärm (getrennt betrachtet).....	247
Tabelle 69:	Querschnittanalyse zur Depression: Prävalenz-Odds-Ratios (POR) der multivariablen logistischen Regressionsanalysen im „Direkte-Effekte- Modell“ für Schienenverkehrslärm (getrennt betrachtet)	248
Tabelle 70:	Querschnittanalyse zur Depression: Prävalenz-Odds-Ratios (POR) der multivariablen logistischen Regressionsanalysen für $L_{\max,22-06}$ für Schienenverkehrslärm (getrennt betrachtet).....	249
Tabelle 71:	Querschnittanalyse zu Angststörungen: Prävalenz-Odds-Ratios (POR) der multivariablen logistischen Regressionsanalysen im „Grundmodell“	251
Tabelle 72:	Querschnittanalyse zu Angststörungen: Prävalenz-Odds-Ratios (POR) der multivariablen logistischen Regressionsanalysen im „Direkte- Effekte-Modell“	253
Tabelle 73:	Querschnittsanalyse für Angststörungen: Aufwachreaktionen für Eisenbahnverkehrslärm im „Grundmodell“.....	255
Tabelle 74:	Querschnittsanalyse für Angststörungen: Aufwachreaktionen für Eisenbahnverkehrslärm im „Direkte-Effekte-Modell“	255
Tabelle 75:	Querschnittsanalyse für Angststörungen: Deskriptive Statistik für die Aufwachreaktion für Fluglärm	255
Tabelle 76:	Querschnittsanalyse für Angststörungen: Prävalenz-Odds-Ratios (POR) der multivariablen logistischen Regressionsanalysen im „Grundmodell“	257
Tabelle 77:	Querschnittsanalyse für Angststörungen: Prävalenz-Odds-Ratios (POR) der multivariablen logistischen Regressionsanalysen im „Direkte-Effekte-Modell“	258

Tabelle 78:	Querschnittsanalyse für Angststörungen: Prävalenz-Odds-Ratios (POR) der multivariablen logistischen Regressionsanalysen für $L_{\max,22-06}$	259
Tabelle 79:	Querschnittsanalyse für kognitive Beeinträchtigung: Prävalenz-Odds-Ratios (POR) der multivariablen logistischen Regressionsanalysen im „Grundmodell“	261
Tabelle 80:	Querschnittsanalyse für kognitive Beeinträchtigung: Prävalenz-Odds-Ratios (POR) der multivariablen logistischen Regressionsanalysen im „Direkten-Effekte-Modell“	263
Tabelle 81:	Querschnittsanalyse für kognitive Beeinträchtigung: Aufwachreaktionen der multivariablen logistischen Regression für Eisenbahnverkehrslärm im „Grundmodell“	265
Tabelle 82:	Querschnittsanalyse für kognitive Beeinträchtigung: Aufwachreaktionen der multivariablen logistischen Regression für Eisenbahnverkehrslärm im „Direkte-Effekte-Modell“	265
Tabelle 83:	Querschnittsanalyse für kognitive Beeinträchtigung: Deskriptive Statistik für die Aufwachreaktion für Fluglärm.....	265
Tabelle 84:	Querschnittsanalyse für kognitive Beeinträchtigung: Prävalenz-Odds-Ratios (POR) der multivariablen logistischen Regressionsanalysen im „Grundmodell“	267
Tabelle 85:	Querschnittsanalyse für kognitive Beeinträchtigung: Prävalenz-Odds-Ratios (POR) der multivariablen logistischen Regressionsanalysen im „Direkte-Effekte-Modell“	268
Tabelle 86:	Querschnittsanalyse für kognitive Beeinträchtigung: Prävalenz-Odds-Ratios (POR) der multivariablen logistischen Regressionsanalysen für $L_{\max,22-06}$	269
Tabelle 87:	Inzidente Depression: Charakterisierung der Stichprobe.....	276
Tabelle 88:	Inzidente Angststörung: Charakterisierung der Stichprobe	279
Tabelle 89:	Vergleich Teilnehmende und Nicht-Teilnehmende an der Follow-up-Untersuchung.....	282
Tabelle 90:	Inzidente Depression: Inzidenzraten-Ratios (IRR) der multivariablen logistischen Regressionsanalysen im „Grundmodell“	284
Tabelle 91:	Inzidente Depression: Inzidenzraten-Ratios (IRR) der multivariablen logistischen Regressionsanalysen im „Grundmodell“ für Schienenverkehr (getrennt betrachtet)	286
Tabelle 92:	Inzidente Depression: Aufwachreaktionen der multivariablen logistischen Regression für Eisenbahnverkehrslärm im „Grundmodell“	287
Tabelle 93:	Inzidente Depression: Deskriptive Statistik für Aufwachreaktionen für Fluglärm.....	288
Tabelle 94:	Inzidente Angststörung: Inzidenzraten-Ratios (IRR) der multivariablen logistischen Regressionsanalysen im „Grundmodell“	290
Tabelle 95:	Inzidente Angststörung: Inzidenzraten-Ratios (IRR) der multivariablen logistischen Regressionsanalysen im „Grundmodell“ für Schienenverkehrslärm (getrennt betrachtet).....	292

Tabelle 96:	Inzidente Angststörung: Inzidenzraten-Ratios (IRR) der multivariablen logistischen Regressionsanalysen für Eisenbahnverkehrslärm im „Grundmodell“	294
Tabelle 97:	Inzidente Angststörung: Deskriptive Statistik für Aufwachreaktionen durch Fluglärm	294
Tabelle 98:	Belästigung durch Straßenverkehrslärm: Charakterisierung der Stichprobe.....	296
Tabelle 99:	Belästigung durch Schienenverkehrslärm: Charakterisierung der Stichprobe.....	298
Tabelle 100:	Belästigung durch Fluglärm: Charakterisierung der Stichprobe.....	300
Tabelle 101:	Belästigung (HA): Odds Ratios (OR) der multivariablen logistischen Regressionsanalysen im „Grundmodell“	303
Tabelle 102:	Belästigung (HA): Odds Ratios (OR) der multivariablen logistischen Regressionsanalysen im „Grundmodell“ für Schienenverkehrslärm (getrennt betrachtet)	305
Tabelle 103:	Belästigung in Abhängigkeit von Aufwachreaktionen durch Eisenbahnverkehrslärm im „Grundmodell“.....	307
Tabelle 104:	Belästigung in Abhängigkeit von Aufwachreaktionen durch Fluglärm (deskriptive Darstellung)	307
Tabelle 105:	Hochgradig schlafgestört durch Straßenverkehrslärm: Charakterisierung der Stichprobe	308
Tabelle 106:	Hochgradig schlafgestört durch Schienenverkehrslärm: Charakterisierung der Stichprobe	310
Tabelle 107:	Hochgradig schlafgestört durch Fluglärm: Charakterisierung der Stichprobe.....	312
Tabelle 108:	Schlafgestörtheit (HSD): Odd Ratios (OR) der multivariablen logistischen Regressionsanalysen im „Grundmodell“w	315
Tabelle 109:	Schlafgestörtheit (HSD): Odd Ratios (OR) der multivariablen logistischen Regression im „Grundmodell“ für Schienenverkehrslärm (getrennt betrachtet)	317
Tabelle 110:	Schlafgestörtheit in Abhängigkeit von Aufwachreaktionen durch Eisenbahnverkehrslärm im „Grundmodell“.....	319
Tabelle 111:	Schlafgestörtheit in Abhängigkeit von Aufwachreaktionen durch Fluglärm (deskriptive Statistik)	319
Tabelle 112:	Vergleich des Anteil an Hochbelästigten zwischen WHO und LIFE anhand eines Beispiels	320
Tabelle 113:	Vergleich des Anteil an hochgradig Schlafgestörten zwischen WHO und LIFE anhand eines Beispiels	323
Tabelle 114:	Verkehrslärmbelastung vor und nach Umzug bei Personen mit und ohne depressive Symptomatik bei der Baseline-Erhebung.....	327
Tabelle 115:	Verkehrslärmbelastung vor und nach Umzug bei Personen mit und ohne Angststörung bei der Baseline-Erhebung	328
Tabelle 116:	Maßnahmen in der Stadt Leipzig während der Coronapandemie im Jahr 2020/2021	329

Tabelle 117:	Deskriptive Statistik für Coronabeschränkungen in Bezug auf eine inzidente Depression.....	330
Tabelle 118:	Inzidenzraten-Ratios (IRR) für verkehrslärmbezogene Depression im „Grundmodell“, Berücksichtigung von Coronabeschränkungen	331
Tabelle 119:	Inzidenzraten-Ratios (IRR) für verkehrslärmbezogene Depression im „Grundmodell“, Berücksichtigung von Coronabeschränkungen für Schienenverkehrslärm (getrennt betrachtet).....	333
Tabelle 120:	Inzidente Depression: Aufwachreaktionen für Schienenlärm im „Grundmodell“ mit Berücksichtigung von Coronabeschränkungen.....	334
Tabelle 121:	Deskriptive Statistik für Coronaeinschränkungen in Bezug auf eine inzidente Angststörung	335
Tabelle 122:	Inzidente Angststörungen: Inzidenzraten-Ratios (IRR) der multivariablen logistischen Regressionsanalysen im „Grundmodell“ mit Coronabeschränkungen	336
Tabelle 123:	Inzidente Angststörungen: Inzidenzraten-Ratios (IRR) der multivariablen logistischen Regressionsanalysen im „Grundmodell“ mit Coronabeschränkungen für Schienenverkehrslärm (getrennt betrachtet).....	338
Tabelle 124:	Inzidente Angststörungen: Inzidenzraten-Ratios (IRR) der multivariablen logistischen Regressionsanalysen für Aufwachreaktionen durch Eisenbahnverkehrslärm für das „Grundmodell“ mit Coronabeschränkungen.....	339

Abkürzungsverzeichnis

%	Prozent
µg/m³	Mikrogramm pro Kubikmeter
4DSQ	Four-Dimensional Symptom Questionnaire
ADHD	Attention Deficit Hyperactivity Disorders
ADS	Allgemeine Depressionsskala
ALKIS	Amtliches Liegenschaftskataster-Informationssystem
ATC	Anatomisch-therapeutisch-chemische Klassifikationssystem
AUDIT-C	Alcohol Use Disorder Identification Test Consumption
AzB	Anleitung zur Berechnung von Lärmschutzbereichen
AWR	Aufwachreaktion
AWW	Aufwachwahrscheinlichkeit
BDI-II	Beck Depression Inventory
BImSchV	Bundes-Immissionsschutzverordnung
BMI	Body-Mass-Index
BMVD	Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur
BNT	Boston Naming Test
CASP	Critical Appraisals Skills Programme
CDI	Children's Depression Inventory
CES-D	Center for Epidemiological Studies Depression Scale
CES-D ≥23	Grenzwert für eine klinisch relevante depressive Symptomatik
CERAD	Consortium to Establish a Registry for Alzheimer's Disease
CI	Confidence Interval
CIDI	Composite International Diagnostic Interviews
CIS-R	Clinical Interview Schedule – Revised
cl	Zentiliter
CLCB	Child Behavior Checklist

CMAS	Child Manifest Anxiety Scale
CPRD	Clinical Practice Research Datalink
CTS	Childhood Trauma Screener
DAG	Directed Acyclic Graphs
DB	Deutsche Bahn
dB	Dezibel
DES	Datenerfassungssystem
DSM	Diagnostic an Statistical Manual of Mental Disorders
DTV	Durchschnittliche Tägliche Verkehrsstärke
E	Exposure
ES	Estimate (Risikoschätzer)
EURAD	Europäisches Ausbreitungs- und Depositionsmodell
FH	Fachhochschule
F	Frauen
F_z	Zugart
Fzg.	Fahrzeug
Fzg.-km/a	Fahrzeugkilometer pro Jahr
GAD-7	Generalized Anxiety Disorder
GAD ≥ 10	Grenzwert für eine klinisch relevante Angstsymptomatik
GEP	Gute Epidemiologische Praxis
GHQ	General Health Questionnaire
GKV	Gesetzliche Krankenversicherung
GRETA	Gridding Emission Tool for ArcGIS
h	Stunde
HA	Hoch belästigt (Highly Annoyed)
HSD	Hochgradig schlafgestört (Highly Sleep Disturbed)
HGV	Hochgeschwindigkeitsverkehr
HR	Hazard-Ratio

JMW	Jahresmittelwert
HSCL-25	Hopkins-Symptom-Checkliste-25
ICD	Internationale statistische Klassifikation der Krankheiten
ICPC	Klassifizierungscode der Primärversorgung
IPAQ	International Physical Activity Questionnaire
IQR	Interquartilsabstände
IRR	Inzidenzraten-Ratio
KBA	Kraftfahrt-Bundesamt
Kfz/d	Anzahl der Kraftfahrzeuge pro Tag
KI	Konfidenzintervall
Koef	Koeffizient
L_D	Mittelungspegel (Tag)
$L_{Day,06-18h}$	Mittelungspegel für die Zeitscheibe Tag (06-18 Uhr)
$L_{Day,06-22h}$	Mittelungspegel für die Zeitscheibe Tag (06-22 Uhr)
L_{DEN}	24 Stunden-Mittelungspegel (Day Evening Night)
L_{DN}	Gewichteter Mittelungspegel (Day Night)
L_{eq}	Äquivalenter Dauerschallpegel
L_{eq24h}	Äquivalenter 24 Stunden-Dauerschallpegel
$L_{Evening,18-22h}$	Mittelungspegel für die Zeitscheibe Abend (18-22 Uhr)
L_{max}	Maximalpegel
$L_{m,E}$	Emissionspegel
$L_{m(25)}$	Mittelungspegel
L_N	Mittelungspegel (Nacht)
L_{Night}	Mittelungspegel für die Zeitscheibe Nacht (22-06 Uhr)
L_r	Beurteilungspegel
L_{pAeq}	Äquivalenter Dauerschallpegel
L_w	längenbezogener Schallleistungspegel
LfULG	Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie

LIFE	Leipziger Forschungszentrum für Zivilisationserkrankungen
LSNS	Lubben Social Network Scale
M	Männer
Max	Maximum
MCI	Mild cognitive Impairment
MMSE	Mini Mental Status Examination
MNA	Maximum Noise Area
n	Stichprobengröße
N	Grundgesamtheit der Stichprobe
nF_z	Zugzahl
NAT	Number above threshold
NCD	Neurocognitive Disorder
NO₂	Stickstoffdioxid
NORAH	Noise-Related Annoyance, Cognition and Health
O	Outcome
OR	Odds Ratio
P	Population
PEO	Population-Exposure-Outcome
PHQ-9	Patient Health Questionnaire
PJ	Packungsjahr (= 20 Zigaretten („1 Packung“) pro Tag über ein Jahr konsumiert)
PM10	Feinstaub – Partikel mit einem aerodynamischen Durchmesser < 10 µm
PKW/d	Anzahl der Personenkraftwagen pro Tag
POR	Prävalenz-Odds-Ratio
PY	Packungsjahre (Pack-Years)
RKI	Robert Koch Institut
RLS-90	Richtlinien für den Lärmschutz an Straßen, Ausgabe 1990
RR	Risk Ratio
RSDBD	Rating Scale for Disruptive Behavior Disorders“

SES	Sozioökonomischer Status
SD	Standardabweichung
SDQ	Strengths and Difficulties Questionnaire
SGBII	Sozialgesetzbuch II
SIGN	Scottish Intercollegiate Guidelines Network
SOP	Standard Operating Procedure
STAI	State-Trait Anxiety Inventory
t	Tonnen
TMT	Trail Making Test
VBUF-AzB	Vorläufigen Berechnungsmethode für den Umgebungslärm an Flugplätzen - Anleitung zur Berechnung
VBus	Vorläufigen Berechnungsmethode für den Umgebungslärm an Straßen
VBusch	Vorläufigen Berechnungsmethode für den Umgebungslärm an Schienenwegen
WHO	Weltgesundheitsorganisation

Zusammenfassung

In dieser Studie wurde der Einfluss von Verkehrslärm auf die psychische Gesundheit mit einem systematischen Review und mit zwei epidemiologischen Studien (Teilstudien 1 und 2) untersucht. Im Rahmen der Teilstudie 1 erfolgte eine erweiterte Analyse der NORAH-Studie zu Krankheitsrisiken. In Teilstudie 2 wurden Erhebungsdaten der Leipziger LIFE-Kohortenstudie mit adressgenauen Verkehrslärm-Daten und adressgenauen Daten zu Luftschadstoffen verknüpft und ausgewertet.

Systematische Literaturrecherche:

Die folgende Forschungsfrage wurde zunächst in das PEO-Schema (Population-Exposure-Outcome) übersetzt: „Haben Personen mit Exposition gegenüber Verkehrslärm (Fluglärm, Straßen- und Schienenverkehrslärm) ein erhöhtes Risiko, psychische Erkrankungen zu entwickeln?“

Die Literatursuche erfolgte bis zum 19. Dezember 2019 in den Datenbanken MEDLINE (via Pubmed), Embase (via Ovid), PsycINFO (via ProQuest) und PSYINDEX (via EBSCO Host). Zusätzlich wurden die Tagungsbände der Deutschen Gesellschaft für Akustik und der Inter-Noise Tagung nach relevanten Publikationen durchsucht. Ausgehend von den eingeschlossenen Publikationen erfolgte eine Rückwärtssuche. Berücksichtigt wurden Studien, die sich auf die Allgemeinbevölkerung (P) bezogen. Als Exposition (E) wurden Fluglärm, Straßen- und Schienenverkehrslärm, die durch Messungen oder Modellierungen erfasst wurden, betrachtet. Als Outcome (O) wurden psychische Erkrankungen, die mit validierten Instrumenten erhoben wurden, eingeschlossen.

Titel-Abstract-Sichtung, Volltextsichtung, Datenextraktion und Qualitätsbewertung erfolgten durch zwei Personen unabhängig voneinander. Diskordanzen wurden in Konsenskonferenzen gelöst. Zur Qualitätsbewertung der einbezogenen Studien wurde ein Instrument eingesetzt, welches auf der Grundlage von SIGN (Scottish Intercollegiate Guideline Network) und CASP (Critical Appraisal Skills Programme) entwickelt worden war. Für die Metaanalyse wurden die Lärmwerte auf den L_{DEN} vereinheitlicht. Eine Metaanalyse wurde durchgeführt, wenn zu einer Krankheitsgruppe mehr als zwei Einzelstudien (Kinder) bzw. mehr als drei Einzelstudien (Erwachsene) vorlagen.

Insgesamt wurden 4252 Publikationen in die Titel-Abstract-Sichtung eingeschlossen. 281 Publikationen entsprachen den Einschlusskriterien und wurden in die Volltextsichtung aufgenommen.

Im Ergebnis wurden 45 Publikationen in das systematische Review eingeschlossen; 14 Publikationen zu psychischer Gesundheit bei Kindern und 31 Publikationen zu psychischen Erkrankungen bei Erwachsenen. Die Studien bedienten sich unterschiedlicher Methoden zur Erfassung der Outcomes (Fragebögen, klinische Diagnosen und Verordnungsdaten, Angabe der Medikation). Die Messung der Exposition war heterogen.

Es lassen sich zusammenfassend folgende Ergebnisse für den Zusammenhang zwischen Verkehrslärmbelastung und psychischer Gesundheit ableiten:

Psychische Gesundheit bei Kindern (10 Studien): Die Ergebnisse der einzelnen Studien waren insgesamt heterogen. Lediglich für Straßenverkehrslärm konnten 3 Studien mittels Metaanalyse zusammengefasst werden. Im Ergebnis fand sich ein Zusammenhang zwischen Straßenverkehrslärmbelastung und dem Risiko für Verhaltensauffälligkeiten bei Kindern; insbesondere für Hyperaktivität/Unaufmerksamkeit (OR=1,11; 95% KI 1,04-1,19 pro 10 dB) und Auffälligkeiten insgesamt (OR=1,09; 95% KI 1,02-1,16 pro 10 dB).

Depression (20 Studien): Die Ergebnisse der einzelnen Studien waren heterogen. Einen positiven Zusammenhang zwischen Verkehrslärm und Depression fanden Generaal et al. 2019a (Flug-, Straßen- und Schienenverkehrslärm kombiniert), Greiser et al. 2010 (Fluglärm), Leijssen et al. 2019 (Straßenverkehrslärm), Orban et al. 2016 (Straßenverkehrslärm), Seidler et al. 2017 (Flug-, Straßen- und Schienenverkehrslärm) und Zock et al. 2018 (Straßenverkehrslärm). In die Metaanalyse konnten elf

Studien für den Straßenverkehrslärm, fünf Studien für den Fluglärm und drei Studien für den Schienenverkehrslärm einbezogen werden. Insgesamt zeigten sich statistisch signifikante Risikoerhöhungen für eine Depression bei Exposition gegenüber Fluglärm. Pro 10 dB Fluglärm (L_{DEN}) stieg das Risiko einer Depression um 12% (gepoolter Risikoschätzer (ES) = 1,12; 95% Konfidenzintervall KI 1,02-1,23). Für Straßen- und Schienenverkehrslärm fanden sich Risikoerhöhungen um 3% bzw. 2% pro 10 dB L_{DEN} . Allerdings verfehlten die Ergebnisse die statistische Signifikanz (Straßenverkehrslärm: ES = 1,03; 95% KI 0,99-1,06, Schienenverkehrslärm: ES = 1,02; 95% KI 0,95-1,08). Es wurden Sensitivitätsanalysen mit Berücksichtigung der Studienqualität und mit Ausschluss jeweils einer Studie („Leave-one-out-Analyse“) für Straßenverkehrslärm und Fluglärm durchgeführt.

Angststörungen (11 Studien): Die Ergebnisse der Studien waren heterogen. Signifikant erhöhte Risikoschätzer fanden Bocquier et al. (2014) und Klompaker et al. (2019) für die Einnahme von Anxiolytika (bzw. Benzodiazepin-Derivaten) in Bezug auf die Straßenverkehrslärmexposition sowie Stansfeld et al. (1996, 1993) für das Vorhandensein von Angst (gemessen mit dem GHQ-Instrument) bei Straßenverkehrslärm-Pegeln ab 55 dB. Ähnliche Ergebnisse erzielten Floud et al. (2011) für den Zusammenhang der Einnahme von Anxiolytika mit der Fluglärmexposition. Sowohl Klompaker et al. (2019 – nach Umrechnung für Metanalyse) als auch Zock et al. 2018 fanden Hinweise für einen Zusammenhang zwischen dem Risiko einer Angststörung und der Schienenverkehrslärmexposition. Auch Generaal et al. (2019) fanden einen signifikanten Zusammenhang zwischen dem Auftreten einer Angststörung (nach DSM-IV) und der Verkehrslärmexposition (Straßen-, Schienen- und Fluglärm kombiniert).

Für den Zusammenhang zwischen Angststörungen und Straßenverkehrslärmexposition konnte eine Metanalyse mit sechs Studien durchgeführt werden. Im Ergebnis fand sich eine geringe Risikoerhöhung von 2% für Angststörungen durch Straßenverkehrslärm (ES = 1,02; 95% KI 0,98-1,06). Für Fluglärm und Schienenverkehrslärm konnten keine Metaanalysen aufgrund der niedrigen gefundenen Studienanzahl durchgeführt werden.

Demenz und kognitive Beeinträchtigung/Funktion (5 Studien): Es wurden fünf Studien in die systematische Übersichtsarbeit eingeschlossen, die die Auswirkung von Straßenverkehrslärm auf Demenz (3 Studien) bzw. auf kognitive Beeinträchtigungen (1 Studie) und kognitive Funktion (1 Studie) untersuchten. Vier Studien liefern Hinweise für einen negativen Einfluss von hohem Verkehrslärm auf die Kognition. Eine Metaanalyse für Demenz wurde nicht durchgeführt, weil nur zwei Studien grundsätzlich zur Bildung eines gepoolten Effektschätzers für Demenz geeignet waren.

Fazit: Die Ergebnisse weisen auf ein erhöhtes Risiko für Verhaltensauffälligkeiten bei Kindern durch Straßenverkehrslärm hin. Bei Erwachsenen findet sich ein erhöhtes Depressionsrisiko bei Exposition gegenüber Fluglärm, weniger ausgeprägt auch bei Exposition gegenüber Straßenverkehrslärm. Zu anderen psychischen Erkrankungen finden sich nur wenige aussagefähige Studien. Hinweise zeigen sich für einen Zusammenhang zwischen Verkehrslärm und dem Auftreten einer Demenz bzw. einer kognitiven Beeinträchtigung und der Einnahme von Psychopharmaka. Der Einfluss von Schienenverkehrslärm auf psychische Erkrankungen ist bisher sehr wenig untersucht. Die in den bisher durchgeführten Studien eingesetzten Methoden zur Erfassung von psychischen Störungen (Fragebögen/Einnahme von Psychopharmaka) sind sehr heterogen.

Teilstudie 1: Reanalyse der NORAH-Daten zu Krankheitsrisiken

In die Reanalyse der NORAH-Daten zu Krankheitsrisiken wurden Sekundärdaten von über 655.000 Versicherten aus dem Rhein-Main-Gebiet eingeschlossen.

Im ersten Teil der Teilstudie 1 wurde der Einfluss von sozioökonomischen und Lebensstil-bezogenen Faktoren auf die Abschätzung der Verkehrslärmrisiken untersucht. Als „Grundgesamtheit“ dieser Analyse dienten 3.023 zufällig ausgewählte Versicherte, die im Rahmen der NORAH-Studie zu Krankheitsrisiken einen ausführlichen Fragebogen ausgefüllt hatten. Soweit sich in der Gruppe dieser befragten Versicherten ohne und mit psychischen Erkrankungen die erhöhten Risikoschätzer der Gesamtgruppe

reproduzieren ließen, wurde der Einfluss von sozioökonomischen und Lebensstil-bezogenen Faktoren auf die Risikoschätzer untersucht. Insgesamt ließen sich auf der Grundlage der Befragungsstudie für alle drei Verkehrslärmarten erhöhte Risikoschätzer in höheren Lärmpegel-Kategorien finden. Die fehlende wesentliche Veränderung dieser Risikoschätzer spricht gegen ein substanzielles residuelles Confounding durch den Sozialstatus in der sekundärdatenbasierten NORAH-Studie zu Krankheitsrisiken. Des Weiteren wurde der Einfluss von Belästigungsempfinden und Lärmschutzmaßnahmen auf die verkehrslärmbezogenen Risiken untersucht. Hier sind tendenziell höhere Risikoschätzer bei Personen ohne wahrgenommene Lärmbelastigung zu finden. Außerdem war das Fehlen von Lärmschutzmaßnahmen mit höheren Risikoschätzern für eine Depression durch Verkehrslärm (insbesondere Fluglärm) verbunden.

Im zweiten Teil der Teilstudie 1 wurden mittels Inzidenzraten-Ratios (IRR) die lärmbezogenen Risiken für eine Depression, Angststörung oder Demenzerkrankung abgeschätzt. Im Unterschied zur ursprünglichen NORAH-Studie zu Krankheitsrisiken erfolgte die Auswertung im Kohortenansatz und berücksichtigte die individuell vorliegenden Personenmonate im Untersuchungszeitraum. Die kumulative „Inzidenz“ der untersuchten Erkrankungen im Untersuchungszeitraum 2006 bis 2010 betrug für eine Depression 11,8%, für eine Angststörung 3,2% und für eine Demenzerkrankung 11,4%. Frauen waren häufiger von einer psychischen Erkrankung betroffen als Männer. Als akustische Kenngrößen wurden die 24 Stunden-Dauerschallpegel, der L_{DEN} und der nächtliche Mittelungspegel für die Nachtzeit von 22 bis 6 Uhr verwendet.

Generell war die Exposition gegenüber allen drei Verkehrslärmarten mit einem signifikant erhöhten Risiko für eine Depression wie auch für eine Angststörung verbunden. Sowohl für die Depression wie auch für die Angststörung fanden sich die höchsten Risikoschätzer für Fluglärm. Die Risikosteigerung betrug für eine Depression etwa 8 bis 11% pro 10 dB Fluglärmpegelanstieg und für eine Angststörung etwa 6 bis 15% pro 10 dB Fluglärmpegelanstieg. Für Schienenverkehrslärm waren Risikoerhöhungen zwischen 4 und 5% pro 10 dB (für eine Depression) und zwischen 2 und 3% pro 10 dB (für eine Angststörung) zu beobachten. Für Straßenverkehrslärm fanden sich Depressionsrisiken von 3 bis 4% pro 10 dB Pegelanstieg und Risiken für eine Angststörung von 2 bis 3% pro 10 dB Pegelanstieg. Wurde die Auswertung auf Personen mit bekanntem sozioökonomischem Status beschränkt, so ließen sich generell höhere Risikoschätzer für eine verkehrslärmbedingte Depression beobachten. Bei der Angststörung hatte die Einschränkung der Analyse auf Personen mit einem bekannten Sozialstatus keinen wesentlichen Einfluss auf die Höhe der Risikoschätzer.

Versicherte mit mindestens sechs nächtlichen Maximalpegeln (NAT-6) über 50 dB (bei nächtlichen Mittelungspegeln unterhalb von 40 dB) wiesen ein um 6% erhöhtes Risiko für eine Depression und ein um 13% erhöhtes Risiko für eine Angststörung auf; bei Einschränkung der Analyse auf Personen mit einem bekannten Sozialstatus betrug die entsprechende Risikoerhöhung für Depression wie Angststörung 10%.

Die beschriebenen Risikoerhöhungen beziehen sich wesentlich auf ambulant diagnostizierte Depressionen und Angststörungen. Bei Betrachtung von Patientinnen und Patienten mit mindestens einer gesicherten stationären Diagnose fanden sich keine erhöhten Risiken.

Es fanden sich keine substanziellen Unterschiede zwischen Männern und Frauen hinsichtlich des verkehrslärmbezogenen Risikos für eine neu diagnostizierte Depression oder Angststörung. Auch die getrennte Auswertung von Versicherten im Alter bis 60 Jahren und Versicherten über 60 Jahren zeigte keine wesentlichen Unterschiede in den Risikoschätzern. Tendenziell lagen die schienenlärmbezogenen und fluglärmbezogenen Risikoschätzer für eine Depression bei jüngeren Versicherten etwas höher.

Die Demenzerkrankung weist auf der Grundlage des einbezogenen NORAH-Datensatzes zu Krankheitsrisiken allenfalls einen schwachen positiven Zusammenhang mit der Verkehrslärmexposition auf.

Bei 74.739 Versicherten (11,4%) wurde im Untersuchungszeitraum eine Demenzerkrankung diagnostiziert. Davon entfielen 11.094 (14,8%) auf eine Demenz vom Alzheimer-Typ und 18.601 (24,9%) auf eine vaskuläre Demenz. Der Großteil der Demenzdiagnosen entfiel auf eine nicht näher bezeichnete Demenz (60,3%; ICD-10 F03).

Bei Betrachtung der Demenzerkrankungen insgesamt (60,3% nicht näher bezeichnete Demenzerkrankungen, 24,9% vaskuläre Demenz, 14,8% Alzheimer-Demenz) fand sich ein Zusammenhang zwischen einer Demenzdiagnose und der Exposition gegenüber Schienenverkehrslärm und Fluglärm mit Risikosteigerungen etwa um die 2% pro 10 dB Pegelanstieg. Trotz einiger statistisch signifikanter Risikoerhöhungen in der kategorisierten Analyse ließ sich bei statistisch signifikant negativen Zusammenhängen im linearen Ansatz insgesamt kein positiver Zusammenhang einer Demenzdiagnose mit dem Straßenverkehrslärm aufzeigen.

Bei ausschließlicher Betrachtung der Alzheimer-Demenz wie auch der vaskulären Demenz in der Subentitätenanalyse zeigten sich generell nur schwache Zusammenhänge mit Verkehrslärmexposition mit einem Risikoanstieg von maximal etwa 1% pro 10 dB Pegelanstieg. Wesentliche Unterschiede zwischen den einzelnen Verkehrslärmarten waren nicht auszumachen. Die Einschränkung auf Personen mit bekanntem individuellem Sozialstatus hatte keinen substantziellen Einfluss auf die Risikoschätzer. Die Ergebnisse für Frauen und Männer waren vergleichbar.

Fazit: Es wurden vergleichbare Ergebnisse für den Kohorten-Ansatz wie für den Fallkontroll-Ansatz der ursprünglichen Auswertung für Depression erzielt. Die vorliegenden Ergebnisse bestätigen somit die bisherigen Ergebnisse der NORAH-Studie zu Krankheitsrisiken. Im Rahmen der erweiterten neuen Auswertungen konnte ein Zusammenhang zwischen Verkehrslärm und Angststörungen gefunden werden.

Teilstudie 2: LIFE-Studie

In der LIFE-Studie wurde Depression mittels der Allgemeinen Depressionsskala (ADS), der deutschen Version der international anerkannten CES-D (Center for Epidemiologic Studies Depression Scale) erhoben. Angststörung wurde durch den Generalized Anxiety Disorder 7 (GAD-7) erfasst. Kognitive Störungen umfassten leichte kognitive und neurokognitive Störungen und wurden mit der CERAD-Plus-Batterie (Consortium to Establish a Registry for Alzheimer's Disease) diagnostiziert.

Die LIFE-Daten wurden mit Daten zur Verkehrslärm- und Luftschadstoffbelastung (PM₁₀ und NO₂) für das Bezugsjahr 2012 bzw. 2011 adressgenau verknüpft.

Ergebnisse Querschnittsanalyse

Etwa 6,4% der LIFE Teilnehmenden bzw. 5,6% waren durch eine Depression bzw. Angststörung charakterisiert. Dabei waren Frauen erwartungsgemäß häufiger betroffen als Männer (ca. 2,5 Frauen : 1 Mann). Weiterhin unterschieden sich die Gruppen hinsichtlich des Alters, Sozialstatus, Rauchverhaltens, körperlicher Aktivität und Traumata in der Kindheit. Teilnehmende mit Depression/Angststörungen wiesen häufiger einen niedrigen Sozialstatus und deutlich mehr Kindheitstraumata auf und waren körperlich etwas inaktiver, als Personen mit unauffälligen Befragungswerten.

In der Baseline-Erhebung fand sich in der Studienpopulation lediglich ein Fall mit einer klinisch diagnostizierten Demenz. Daher wurde das Outcome auf kognitive Beeinträchtigung (entweder eine milde kognitive Beeinträchtigung (MCI) oder eine neurokognitive Störung (NCD)) erweitert. In die Analyse der kognitiven Beeinträchtigungen wurden Probanden, die älter als 60 Jahre waren, einbezogen (etwa 11% der Ausgangstichprobe). Davon wurde bei 22% eine kognitive Störung diagnostiziert.

Auf der Grundlage der Basisbefragung der LIFE-Probanden fanden sich im querschnittlichem Grundmodell (adjustiert für Alter, Geschlecht und sozioökonomischen Status) erhöhte Depressionsrisiken bei Exposition gegenüber Straßenverkehrslärm sowie Schienenverkehrslärm. Die Risikosteigerung pro 10 dB L_{DEN} betrug beim Straßenverkehrslärm 19% und beim Schienenverkehrslärm 13%; dabei

verfehlte der Risikoanstieg beim Straßenverkehrslärm knapp die statistische Signifikanz. Die Risikoschätzer für den nächtlichen Straßen- und Schienenverkehrslärm waren vergleichbar hoch. In einer Sensitivitätsanalyse wurde der Schienenverkehrslärm getrennt für Eisenbahn- und Straßenbahnverkehrslärm berechnet. Hier zeigte sich, dass ein erhöhtes Depressionsrisiko insbesondere mit einer Straßenbahnverkehrslärmbelastung einhergeht (Risikoanstieg L_{DEN}/L_{Night} : 18% bzw. nächtlicher Maximalpegel $L_{max,22-06}$ 11%). Es waren bei geringen Fallzahlen keine erhöhten (vielmehr im Grundmodell erniedrigte) Depressionsrisiken bei Exposition gegenüber Fluglärm zu finden. Im Grundmodell zeigten sich überwiegend erniedrigte Depressionsrisiken beim Fluglärm, die allerdings im Direkte-Effekte-Modell ihre statistische Signifikanz verloren.

Im Direkte-Effekte-Modell wurden zusätzlich der Body Mass-Index (BMI), Traumata in der Kindheit, körperliche Aktivität, Feinstaub (PM10) und Stickoxide (NO₂) in den Regressionsmodellen berücksichtigt. Das Direkte-Effekte-Modell soll die unmittelbaren – „direkten“ – Effekte des Verkehrslärms auf die Entstehung einer Erkrankung abschätzen. Sofern beispielsweise eine Lärmexposition zu einer verringerten körperlichen Aktivität (beispielsweise, weil das Ausüben sportlicher Aktivitäten aufgrund der lauten Wohnumgebung als unangenehm empfunden wird) oder zu einem erhöhten Körpergewicht (beispielsweise vermittelt über Stresshormone) führen sollte, würden diese indirekten Lärmeffekte im Direkte-Effekte-Modell gewissermaßen herausgerechnet. Insofern ist es erklärlich, dass die straßen- und schienenverkehrslärmbezogenen Risikoschätzer des Direkte-Effekte-Modells gegenüber dem Grundmodell geringer ausfallen.

Es zeigte sich ein Zusammenhang zwischen dem Risiko einer Angststörung und der Belastung durch Schienenverkehrslärm (insbesondere Straßenbahnverkehrslärm): Hier war eine Risikoerhöhung von 42% bei Pegeln zwischen 45 und 50 dB L_{DEN} bzw. 35%-39% bei Pegeln zwischen 50 und 60 dB $L_{max,22-06}$ Straßenbahnverkehrslärm zu finden. Die Ergebnisse des Grundmodells konnten im „Direkte Effekte Modell“ repliziert werden, wenngleich die Risikoschätzer geringer ausfielen. Auch für den Straßenverkehrslärm wurden insbesondere für den L_{NIGHT} z.T. sehr hohe Risikoschätzer gefunden, die jedoch keine statistische Signifikanz erreichten. Für den Fluglärm sind belastbare Aussagen aufgrund der niedrigen Felderbelegungen kaum möglich. In der kontinuierlichen Betrachtung konnte kein Zusammenhang zwischen dem Risiko einer Angststörung und der Fluglärmbelastung beobachtet werden.

Aufgrund der geringen Stichprobengröße in der Subgruppe zur Untersuchung kognitiver Einschränkungen ist die diesbezügliche Aussagekraft der Ergebnisse (Studienpower) gering. Es findet sich ein Zusammenhang zwischen der Eisenbahnverkehrslärmbelastung in der Nacht und dem Vorhandensein einer kognitiven Einschränkung. Hier wurden statistisch signifikante Risikoerhöhungen für eine kognitive Einschränkung bei einer nächtlichen Eisenbahnverkehrslärmexposition von mehr als 60 dB sowie für den nächtlichen Maximalpegel ($L_{max,22-06}$) zwischen 40 und 45 dB gefunden, die allerdings auf kleinen Fallzahlen beruhen.

Ergebnisse Längsschnittbetrachtung

Insgesamt nahmen 5670 Personen an der Folgebefragung teil. Das entspricht einem „Loss-to-Follow-up“ von 43,3%. Es fanden sich deutliche Unterschiede zwischen Respondern und Non-Respondern: Non-Responder waren im Vergleich zu Respondern statistisch signifikant jünger, und sie waren durch einen niedrigeren sozioökonomischen Status charakterisiert. Weiterhin war auch die Prävalenz von Depressionen bzw. Angststörungen bei der Ersterhebung bei Non-Respondern (8,4% bzw. 7,5%) höher als bei Respondern (4,9% bzw. 4,4%). Non-Responder hatten im Mittel auch eine höhere Belastung durch Straßen- und Schienenverkehrslärm als Responder.

Die Inzidenz für die untersuchten Erkrankungen lag bei 5,3% für Depressionen und bei 4,9% für Angststörungen. Frauen und Personen mit geringem sozioökonomischen Status waren i.d.R. häufiger betroffen als Männer bzw. Personen mit hohem Sozialstatus. Sowohl bei Depressionen als auch bei Angststörungen fanden sich Unterschiede in der Altersstruktur zwischen Erkrankten und Nicht-Er-

kranken: Personen mit inzidenter Depression waren durchschnittlich älter als Personen mit inzidenter Angststörung. Weiterhin waren Personen mit psychischen Störungen häufiger stark übergewichtig, hatten traumatische Kindheitsereignisse erlebt und waren häufiger aktive Raucher im Vergleich zu Personen ohne auffällige Werte. Weiterhin fühlten sich mehr Personen mit einer inzidenten Depression/Angststörung durch Verkehrslärm belästigt und hochgradig schlafgestört als Personen ohne Depression/Angststörung. Es gab nur geringfügige Unterschiede in der Feinstaubbelastung zwischen Erkrankten und Nicht-Erkrankten.

Bei etwa 22,7% der Teilnehmenden über 60 Jahren ließ sich eine inzidente kognitive Beeinträchtigung feststellen. Eine Analyse des Altersgangs wies auf eine mögliche Selektionsverzerrung hin, die auf die geringe Response zurückzuführen sein könnte. Darüber hinaus könnten unterschiedliche Erhebungsformen der kognitiven Beeinträchtigungen Verzerrungen eingetragen haben. Da außerdem nur geringe Fallzahlen vorlagen, wurde von einer Analyse des Zusammenhangs zwischen Verkehrslärm und dem Risiko für eine inzidente kognitive Beeinträchtigung abgesehen.

Im Ergebnis ließ sich der für die querschnittliche Betrachtung beschriebene Fund erhöhter Straßenverkehrslärm-bezogener Risiken für Depressionen in der längsschnittlichen Analyse nicht bestätigen: es fanden sich keine erhöhten Straßenverkehrslärm-bezogenen Risiken für eine Depression oder eine Angststörung. Für Schienenverkehrslärm fanden sich die höchsten (statistisch nicht signifikanten) Risikoschätzer für Depressionen und Angststörungen in der jeweils höchsten Expositionskategorie (≥ 60 dB L_{DEN}). Beim Straßenbahnlärm erreichten die Risikoerhöhungen für Depressionen sowie für Depressionen und/oder Angststörungen in mittleren Pegelkategorien statistische Signifikanz. Für Fluglärm fanden sich bei sehr geringer Felderbelegung bei Pegeln von 50 dB L_{DEN} oder mehr erhöhte Risikoschätzer für eine Depression und/oder eine Angststörung, die teilweise statistische Signifikanz erreichten. Auf der Grundlage der kontinuierlichen Fluglärmpegel fanden sich Anstiege des Angststörungs-Risikos (IRR) von 34% pro 10 dB (95% KI 0,91-1,96) für den L_{DEN} , von 59% pro 10 dB (95% KI 0,77-3,31) für den L_{Night} und von 11% pro 10 dB (95% KI 0,82-1,52) für den NAT-6. Ein stärkerer Zusammenhang war dabei für Personen mit Lärmschutzmaßnahmen am Wohnhaus zu beobachten (L_{Night} : IRR= 2,08, 95% KI 0,96-4,50 pro 10 dB).

Bahnlärmbedingte Aufwachreaktionen

Es zeigte sich ein deutlich erhöhtes Depressionsrisiko bei drei und mehr eisenbahnlärmbedingten Aufwachreaktionen. Der Risikoschätzer erreichte statistische Signifikanz, wenn Personen mit fehlenden Werten für Depression bei Baseline in das Grundmodell (adjustiert für Geschlecht, Alter und Sozialstatus) eingeschlossen wurden (Sensitivitätsanalyse: IRR=2,52; 95% KI 1,15-5,67). Wurde die Hauptanalyse dahingehend stratifiziert, ob Lärmschutzmaßnahmen am Wohngebäude vorhanden waren oder nicht, war ein statistisch signifikant erhöhtes Risiko für eine Depression bei drei und mehr Aufwachreaktionen bei Personen ohne Lärmschutzmaßnahmen zu beobachten (IRR=2,93; 95% KI 1,02-8,37).

Das Risiko für eine inzidente Angststörung war bei drei und mehr eisenbahnlärmbedingten Aufwachreaktionen statistisch signifikant erhöht (IRR=2,56; 95% KI 1,02-6,43). Eine Risikoerhöhung fand sich insbesondere bei Männern. Besonders auch Personen ohne Lärmschutzmaßnahmen wiesen ein erhöhtes Risiko für eine Angststörung bei drei und mehr Aufwachreaktionen auf (IRR=2,81; 95% KI 0,91-8,29).

Wurden zusätzlich zu Alter, Geschlecht und sozioökonomischem Status noch BMI, Kindheitstraumata, Luftschadstoffbelastung und körperliche Aktivität bzw. Rauchen und Alkoholkonsum mit in das Modell aufgenommen („Direkte-Effekte-Modelle“), bestätigten sich prinzipiell die Ergebnisse des Grundmodells. Die Aufnahme von starker Belästigung oder starker Schlafgestörtheit in das Grundmodell führte dazu, dass kein Zusammenhang zwischen Fluglärm und dem Risiko für eine inzidente Angststörung mehr zu beobachten war. Dieser Fund weist darauf hin, dass der Einfluss der Aufwachreaktionen auf eine Depression bzw. Angststörung über eine Belästigungsreaktion bzw. eine Schlafstörung vermittelt werden könnte (gewissermaßen als pathophysiologischer „Zwischenschritt“).

In der ursprünglichen Auswertung der NORAH-Studie zu Krankheitsrisiken im Fallkontroll-Ansatz hatte sich eine umgekehrt U-förmige Verlaufskurve für das fluglärmbezogene Depressionsrisiko gezeigt. Um einem möglichen „Healthy-Resident“-Effekt nachzugehen – demzufolge hoch verkehrslärm-exponierte Personen mit einer beginnenden psychischen Beeinträchtigung häufiger in weniger lärm-belastete Gebiete umziehen könnten –, wurde im Rahmen der LIFE-Studie das Umzugsverhalten analysiert. Etwa 15% der Teilnehmenden gaben an, zwischen der ersten und zweiten Befragung umgezogen zu sein. Personen mit einer affektiven psychischen Störung (Depression oder Angststörung) zum Zeitpunkt der Baseline-Untersuchung zogen in den 5 Jahren Follow-up-Zeit häufiger um, es fand sich kein Hinweis darauf, dass Personen mit einer Depression oder Angststörung häufiger in leisere Gebiete umziehen als Personen ohne entsprechende Störung. Damit lässt sich die Hypothese eines „Healthy-Resident-Effekts“ durch die Ergebnisse der LIFE-Kohortenstudie nicht stützen.

Die Belastungen durch die Folgen der Coronapandemie und die damit verbundenen Einschränkungen (z.B. durch soziale Isolation) können mit einem Depressionsrisiko bzw. mit einem Angststörungs-Risiko verbunden sein. Da die Follow-up-Befragung zu Zeitpunkten mit unterschiedlich starken coronabedingten Einschränkungen durchgeführt wurde, könnte dies die Ergebnisse beeinflusst haben. Um dem Einfluss der Coronapandemie in der vorliegenden Studie Rechnung zu tragen, wurde jedem Befragungsdatum der zweiten Befragung eine eingeschätzte Schwere (auf einer Skala von 0 „keine Einschränkungen“ bis 5 „starke Einschränkungen“) der zur Eindämmung der Coronapandemie getroffenen Maßnahmen zugeordnet. Deskriptiv zeigten sich keine Unterschiede zwischen Personen mit und ohne psychische Störungen in Bezug auf den Befragungszeitpunkt.

Um einen Einfluss der Pandemie auf die Beziehung zwischen Verkehrslärm und psychischen Störungen zu untersuchen, wurden die Einschränkungen durch Corona zusätzlich mit in das Grundmodell aufgenommen. Als Resultat zeigten sich vergleichbare Ergebnisse wie im Grundmodell. Somit findet sich kein Hinweis auf eine Verzerrung der Ergebnisse durch psychische Beeinträchtigungen infolge der Coronapandemie.

Fazit: Das erhöhte Risiko von Depressionen und Angststörungen bei Exposition gegenüber Straßenverkehrslärm konnte auf der Grundlage der Follow-up-Befragung der LIFE-Probanden nach 5 Jahren nicht bestätigt werden. Für den Schienenverkehrslärm zeigten sich bei mindestens 3 nächtlichen Aufwachreaktionen durch Eisenbahnlärm erhöhte Risiken für eine Angststörung (und weniger ausgeprägt für eine Depression). Daneben fanden sich auch Hinweise auf erhöhte Risiken für Depressionen und Angststörungen in Abhängigkeit vom Straßenbahnlärm (insbesondere in mittleren Pegelkategorien). Insgesamt waren insbesondere Personen ohne Lärmschutzmaßnahmen betroffen. Für Fluglärm zeichnete sich bei sehr geringen Fallzahlen ein positiver Zusammenhang zwischen dem Risiko einer Angststörung und der Fluglärmbelastung in der Nacht zwischen 22 und 6 Uhr ab. Es gibt keine Hinweise auf einen schwerwiegenden Einfluss der Coronapandemie auf die Ergebnisse.

Belästigung und Schlafgestörtheit beim Follow-up

Insgesamt fühlten sich 9,4% der Teilnehmenden durch Straßenverkehrslärm, 3,8% durch Schienenverkehrslärm und 3,7% durch Fluglärm hoch belästigt. Für alle Verkehrslärmquellen ließ sich der Risikoanstieg bei steigenden Lärmpegeln mit Angabe von Odd Ratios (OR) quantifizieren. Der Risikoanstieg war am deutlichsten für die Fluglärmbelastung in der Nacht (L_{Night} : OR=19,71; 95% KI 11,65-33,35), die entsprechenden Risikoschätzer für Straßen- und Schienenverkehrslärmbelastung in der Nacht (L_{Night}) lauten OR=3,71 (95% KI 2,91-4,73) bzw. OR=3,28 (95% KI 2,74-3,93). Bei getrennter Analyse der Schienenverkehrslärmquellen war der Anstieg der Belästigung beim Straßenbahnverkehrslärm etwas deutlich ausgeprägt als beim Eisenbahnlärm. Für den L_{DEN} ergaben sich insgesamt etwas geringere Risikoanstiege. Für die Belästigung durch eisenbahnlärmbedingte Aufwachreaktionen fand sich eine positive Dosis-Wirkungsbeziehung: Das Risiko für eine hohe Belästigung stieg auf OR=1,55 (95% KI 1,04-2,30) bei ≥ 1 -<2 Aufwachreaktionen, OR=3,25 (95% KI 1,78-5,93) bei ≥ 2 -<3 Aufwachreaktionen und auf OR=7,98 (95% KI 3,17-10,13) bei 3 und mehr Aufwachreaktionen.

Weiterhin wurden auf Grundlage der LIFE-Daten quadratische Funktionen zur Ermittlung des Anteils hoch Belästigter bei gegebener Verkehrslärmbelastung erstellt. Der Anteil der hoch Belästigten errechnet sich demgemäß als 31% bei einem L_{DEN} von 75 dB Straßenverkehrslärm und 34% bei einem L_{DEN} von 75 dB Schienenverkehrslärm. Für Fluglärm ergibt sich bereits bei einem L_{DEN} von 55 dB ein Anteil von 51% hoch belästigter Personen. Im Vergleich mit den publizierten Kurven aus dem WHO-Review zu Belästigung durch Verkehrslärm (Guski et al. 2017) zeigte sich Folgendes: Die Expositions-Wirkungskurven lagen für Straßenverkehrslärm und Schienenverkehrslärm unter denen des WHO-Reviews, für den Fluglärm deutlich darüber.

Beim Follow-up fühlten sich etwa 2,7% der Befragten durch Straßenverkehrslärm, 1,4% durch Schienenverkehrslärm und 2,0% durch Fluglärm hochgradig schlafgestört. Personen, die hochgradig schlafgestört aufgrund von Verkehrslärm waren, fühlten sich häufig auch die entsprechende Verkehrslärmquelle belästigt. Es zeigten sich deutliche Zusammenhänge zwischen selbstberichteter Schlafgestörtheit und Verkehrslärmexposition. Dabei zeigte sich der deutlichste Zusammenhang für hochgradige Schlafgestörtheit durch Fluglärmbelastung in der Nacht (L_{Night} : OR=19,66; 95% KI 11,47-33,71 pro 10 dB). Für Straßen- und Schienenverkehrslärm betragen die Risikoschätzer für die Belastung in der Nacht (L_{Night} : OR=2,86; 95% KI 1,92-4,28 bzw. OR=2,68; 95% KI 1,92-4,28 pro 10 dB). Bei getrennter Betrachtung ergaben sich etwas höhere Risiken für den Straßenbahnverkehrslärm (OR=2,35; 95% KI 1,83-3,01) im Vergleich zum Eisenbahnverkehrslärm (OR=1,61; 95% KI 1,18-2,21) pro 10 dB. Auch das Risiko für eine hochgradige Schlafgestörtheit nahm mit der Anzahl der eisenbahnlärmbedingten Aufwachreaktionen zu: ≥ 1 -<2 Aufwachreaktionen: OR=1,25 (95% KI 0,65-2,41), ≥ 2 -<3 Aufwachreaktionen: OR=2,96 (95% KI 1,16-7,56) und 3 und mehr Aufwachreaktionen: OR=5,59 (95% KI 1,29-24,31).

Es wurden quadratische Funktionen für den Anteil der hochgradig Schlafgestörten bei gegebener Verkehrslärmexposition erstellt. Bei 65 dB L_{Night} Straßenverkehrslärm errechnet sich ein Anteil von 8% hochgradig Schlafgestörter, bei 65 dB Schienenverkehrslärm ein Anteil von 11% hochgradig Schlafgestörter. Für 55 dB L_{Night} Fluglärm errechnet sich ein Anteil von 42% hochgradig Schlafgestörter.

Für den Straßenverkehrslärm ist die erstellte Verlaufskurve mit der Verlaufskurve des WHO-Reviews von Basner und McGuire (2018) vergleichbar. Beim Schienenverkehrslärm ist der Anteil der hochgradig Schlafgestörten gemäß LIFE-Studie deutlich geringer als gemäß WHO-Review. Beim Fluglärm liegt der errechnete Anteil der hochgradig Schlafgestörten deutlich höher als gemäß WHO-Review.

Fazit: Es ließen sich Expositions-Risiko-Beziehungen bzw. quadratische Funktionen für den Anteil hoch Belästigter und hochgradig Schlafgestörter ableiten. Im Vergleich mit dem WHO-Kurven ist gemäß LIFE-Studie der Anteil hoch Belästigter bzw. hochgradig Schlafgestörter durch gegebene Fluglärmpegel höher. Hingegen ist der Anteil hoch Belästigter bzw. hochgradig Schlafgestörte durch gegebene Schienenverkehrslärmpegel geringer als in den WHO-Kurven.

Gesamtfazit

Das vorliegende Projekt kann durch den Einsatz unterschiedlicher methodischer Ansätze (systematischer Review, vertiefende Analyse der im Rhein-Main-Gebiet durchgeführten NORAH-Studie zu Krankheitsrisiken im Kohortenansatz, Analyse der Leipziger LIFE-Baseline-Untersuchung sowie der LIFE-Follow-up-Untersuchung im Kohortenansatz) einen Einfluss von Verkehrslärm auf das Auftreten von psychischen Erkrankungen (insbesondere Depressionen und Angststörungen) aufzeigen. Erstmals konnte eine schädigende Gesundheitswirkung (Verdopplung des Risikos für Depressionen bzw. Angststörungen) für drei und mehr bahnlärmbezogene Aufwachreaktionen empirisch bestätigt werden. Allerdings lässt sich auf Grundlage der Studie nicht feststellen, ab welcher Zahl von Aufwachreaktionen unterhalb von 3 das Depressionsrisiko bzw. das Risiko für eine Angststörung deutlich erhöht ist. Diesbezüglich ist auf die eingeschränkte Studienpower und die damit verbundenen groben Kategorien und breiten Konfidenzintervalle hinzuweisen. Die vorgelegten Verlaufskurven zum Anteil hoch belästigter

bzw. hochgradig schlafgestörter Personen liegen beim Bahnlärm tendenziell unter den entsprechenden WHO-Kurven, beim Fluglärm tendenziell darüber. Die begrenzte Studienpower der vergleichsweise „jungen“ LIFE-Kohorte lässt eine Wiederholung der Auswertung im 10-Jahres-Follow-up als wünschenswert erscheinen.

Summary

In this project, we studied the influence of traffic noise on mental health using three different approaches: a systematic review and two epidemiological sub-studies (substudy 1 and substudy 2). In sub-study 1, an extended analysis of the NORAH study on health risks was carried out. In sub-study 2, survey data from the Leipzig LIFE cohort study was linked to address-specific traffic noise and air pollutant data and was evaluated.

Systematic review:

First, the following research question was translated into the PEO scheme (Population Exposure Outcome): “Do people exposed to traffic noise (aircraft, road and rail traffic noise) have an increased risk for mental diseases?”

The literature search was carried out until December 19, 2019 in the following electronic databases: MEDLINE (via Pubmed), Embase (via Ovid), PsychINFO (via ProQuest), and PSYINDEX (Via EBSCO Host). In addition, the conference proceedings of the German Society for Acoustics and the Inter-Noise conference were searched for relevant publications. Additionally, a reverse search was based on the publications included in this review. We considered all studies related to the general population (P). Aircraft noise, road and rail traffic noise recorded by measurements or modelled were considered as the exposure (E). Mental illnesses recorded with validated instruments were included as outcomes (O).

The title-abstract and full-text screening, data extraction and quality assessment were done independently by two scientists. Discordances were resolved in consensus conferences. An instrument developed on the basis of SIGN (Scottish Intercollegiate Guideline Network) and CASP (Critical Appraisal Skills Programme) was used to assess the quality of the included studies. A meta-analysis was performed if more than two individual studies (children) or more than three individual studies (adults) were available for a particular disease group.

After exclusion of duplicates, a total of 4252 publications were included in the title-abstract screening. 281 met the inclusion criteria, and were included in the full-text screening.

A total of 45 publications were included in this systematic review: 14 publications on mental health in children and 31 publications on mental illness in adults. The studies used different methods to record outcomes (questionnaires, clinical diagnoses and prescription data, information on medication intake). Measurement of exposures was heterogeneous.

In summary, the following results can be derived for the relationship between traffic noise and mental health:

Mental health in children (10 studies): Overall, the results of the individual studies were heterogeneous. For road traffic noise only, three studies could be summarized by means of meta-analysis. The results indicate an association between road traffic noise and the risk for behavioral problems in children: the risk of hyperactivity/ inattention and total difficulties increased by 11% (OR=1.11; 95% CI 1.04-1.19), respectively by 9% (OR=1.09; 95% CI 1.02-1.16) per 10 dB road traffic noise.

Depression (20 studies): The results of the individual studies were heterogeneous. A relationship between traffic noise and depression was found by Generaal et al. (2019a) (aircraft, road and rail traffic noise combined), Greiser et al. 2010 (aircraft noise), Leijssen et al. 2019 (road traffic noise), Orban et al. 2016 (road traffic noise), Seidler et al. 2017 (aircraft, road and rail traffic noise) and Zock et al. 2018 (road traffic noise). A meta-analysis was carried out for all traffic sources and eleven studies were included for road traffic noise, five studies for aircraft noise and three studies for rail traffic noise. The overall result showed significant increases in the risk of depression from exposure to aircraft noise. For every 10 dB of aircraft noise (L_{DEN}), the risk of depression increased by 12% (pooled risk estimate (ES) = 1.12; 95% CI 1.02-1.23). There were increased risks of 3% and 2% per 10 dB L_{DEN}

for road and rail traffic noise. However, the results failed to achieve statistical significance (road traffic noise: ES = 1.03; 95% CI 0.99-1.06, rail traffic noise: ES = 1.02; 95% CI 0.95-1.08). Sensitivity analyses were carried out for road traffic noise and aircraft noise, taking into account the quality of the study and excluding one study (“leave-one-out analysis”).

Anxiety disorders (11 studies): The results of the studies were heterogeneous. Bocquier et al. (2014) and Klompaker et al. (2019) found significantly higher risk estimates for taking anxiolytics (respectively benzodiazepine derivatives) in relation to road traffic noise exposure, as well as Stansfeld et al. (1996, 1993) for the presence of fear (measured with the GHQ instrument) at road traffic noise levels from 55 dB. Similar results were achieved by Floud et al. (2011) for the connection between the use of anxiolytics and aircraft noise exposure. Both Klompaker et al. (2019) - after conversion for meta-analysis- as well as Zock et al. (2018) found indications for an association between the risk of anxiety disorders and rail traffic noise exposure. Generaal et al. (2019) found a significant relationship between the occurrence of an anxiety disorder (according to DSM-IV) and exposure to traffic noise (road, rail and air together).

A meta-analysis with six studies was carried out for the association between anxiety disorders and road traffic noise exposure. As a result, there was only a slight non-significant risk increase of 2% for anxiety disorders caused by road traffic noise (ES = 1.02; 95% CI 0.98-1.06). Due to the low number of studies found, no meta-analyses could be carried out for aircraft noise and rail traffic noise.

Dementia and cognitive impairment/ function (5 studies): Five studies were included in the systematic review that examined the effects of road traffic noise on dementia (3 studies) or on cognitive impairments (1 study) and cognitive function (1 study), respectively. Four studies provided evidence of a negative impact of high traffic noise on cognition. A meta-analysis for dementia was not carried out because only two studies were basically suitable for dementia.

Conclusion: The results indicate an increased risk of behavioral problems in children caused by road traffic noise. In adults, we found an increased risk of depression when exposed to aircraft noise, and less pronounced when exposed to road traffic noise. There are only a few meaningful studies on other mental illnesses. There is evidence of a connection between traffic noise and the occurrence of dementia or cognitive impairment and the use of psychotropic drugs. So far, the impact of rail traffic noise on mental illnesses has been sparsely investigated. Furthermore, the methodology used to record mental disorders (questionnaire/ intake of psychiatric drugs) and also noise measurement values are very heterogeneous in the included studies.

Sub-study 1: NORAH-reanalysis regarding disease risks

For the reanalysis of the NORAH data (sub-study 1) regarding disease risks, the secondary data of more than 655,000 insured persons from the Rhine-Main area were included.

In the first part of the sub-study 1, the influence of socio-economic and lifestyle-related factors on the estimation of traffic noise risks on depression risks was examined for the survey results of the NORAH study. The "population" used for this analysis consisted of 3,023 randomly selected insured persons who had completed a detailed questionnaire as part of the NORAH disease risk study. If the increased risk estimates of the entire group could be reproduced in the group of these insured persons without and with mental illness, we examined the influence of socio-economic and lifestyle-related factors on the risk estimators. Overall, increased risk estimates could be found in higher noise level categories for all three types of traffic noise based on the survey. As a result, there were no significant changes in the risk factors, which suggests no substantial residual or unmeasured confounding. Furthermore, the influence of sensitivity to noise and noise protection measures was examined. Here, higher risk estimates tend to be found among persons who reported no noise sensitivity to a particular type of traffic noise (in particular aircraft noise). As expected, the absence of noise abatement measures was associated with higher risk estimates for depression due to traffic noise (in particular aircraft noise).

In the second part of the sub-study 1, the risk estimates (IRR – incidence rate ratio) for traffic noise-related depression, anxiety and dementia were calculated using person-years. In contrast to the NORAH study on disease risks, the evaluation was done with a longitudinal approach and took into account the individually person-months during the investigation period. The cumulative incidence of the examined diseases was 11.8% for a depression, 3.2% for an anxiety disorder and 11.4% for a dementia illness in the study period from 2006 to 2010. Women were more often affected by a mental illness than men. The noise measurements examined were the 24-hour continuous sound levels, the L_{DEN} and the nightly averaging level in the night (22:00 to 6:00). In general, exposure to all three types of traffic noise was associated with a significantly increased risk of depression and of anxiety disorder. For both depression and anxiety disorder, the highest risk estimates were found for aircraft noise. The risk increase for depression was about 8 to 11% per 10 dB increase in aircraft noise, and for anxiety disorder it was approximately 6 to 15% per 10 dB increase in aircraft noise level. For railway noise, we observed risk increases of between 4 and 5% per 10 dB (for depression) and between 2 and 3% per 10 dB (for anxiety disorder). For road traffic noise, depression risks of 3 to 4% per 10 dB level increase and risks for an anxiety disorder of 2 to 3% per 10 dB level increase were found. If the evaluation was restricted to persons with individual socioeconomic status, higher risk estimates for traffic-related depression were generally observed. For anxiety disorder, risk estimates were not substantially affected by known social status.

Insured persons with at least six nocturnal maximum levels (NAT-6) above 50 dB (at nocturnal averaging levels below 40 dB) had a 6% increased risk of depression and a 13% increased risk of anxiety. Limiting the analysis to persons with a known social status, the corresponding increase in depression risk as well as anxiety disorder risk was 10%.

The described risk increases are essentially related to outpatient diagnosis of depression and anxiety disorders. When considering patients with at least one confirmed inpatient diagnosis, we found no increased risks.

There were no substantial differences between men and women regarding the traffic noise-related risk of newly diagnosed depression or anxiety disorder. The stratified analysis of insured persons aged up to 60 years and insured persons over the age of 60 years showed no significant differences in the risk estimates. Risk estimates tended to be slightly higher for younger than for older insured persons for railway and aircraft noise.

The positive relationship between dementia and traffic noise exposure was weak on the basis of the included NORAH dataset on disease risks. In total, 74,739 people (11.4%) were diagnosed with dementia during the study period. Of these, 11,094 (14.8%) had Alzheimer's disease dementia and 18,601 (24.9%) had vascular dementia. The majority of dementia diagnoses included unspecified dementia (60.3%; ICD-10 F03).

When considering all dementia diagnoses (60.3% unspecified dementias, 24.9% vascular dementia, 14.8% Alzheimer's dementia), there was a correlation between dementia and exposure to railway and aircraft noise with risk estimates of about 2% per 10 dB increase. For road traffic noise, there was no overall positive relationship with dementia, despite some statistically significant increases in risk in the categorized analysis; the linear approach showed negative correlations.

When considering Alzheimer's dementia and vascular dementia separately, there were generally only weak correlations with exposure to traffic noise with a maximum risk increase of about 1% per 10 dB increase. Significant differences between the types of traffic noise were not apparent. The restriction to persons with known individual social status had no substantial impact on the risk estimates. The results for women and men were comparable.

Conclusions: Comparable results were obtained in the longitudinal approach compared to the case-control approach of the original analysis for depression. Thus, the present sub-study confirms the results

of the NORAH study regarding disease risks. In the context of the new and extended evaluations, a correlation between traffic noise and anxiety disorders was found.

Sub-study 2: LIFE

In LIFE, depression was recorded using the General Depression Scale (ADS), the German version of the internationally recognized CES-D (Center for Epidemiologic Studies Depression Scale). Anxiety disorder was recorded by Generalized Anxiety Disorder 7 (GAD-7). Cognitive disorders included mild cognitive and neurocognitive disorders and were diagnosed with the CERAD-Plus battery (Consortium to Establish a Registry for Alzheimer's disease).

The LIFE data was linked to data on traffic noise and air pollution (PM₁₀ and NO₂) for the reference years 2012 and 2011 for each address.

Cross-sectional analysis

About 6.4%, respectively 5.6% of the LIFE participants were characterized by depression or anxiety disorder. As expected, women were affected more often than men (approx. 2.5 women: 1 man). The groups also differed in terms of age, social status, smoking behavior, physical activity and trauma in childhood. Participants with depression/ anxiety disorders were more often characterized by a lower social status, experienced significantly more childhood trauma and were somewhat less physically active than participants without depression/ anxiety disorder.

On the basis of the basic survey of the LIFE subjects, the cross-sectional basic model (adjusted for age, sex and socio-economic status) found increased depression risks from exposure to road traffic noise and rail traffic noise. The risk increase per 10 dB L_{DEN} was 19% for road traffic noise and 13% for rail traffic noise; the risk increase in road traffic noise just missed the statistical significance. The risk estimates for nighttime road and rail traffic noise were comparably high. In a sensitivity analysis, rail traffic noise was calculated separately for railway and tram traffic noise. The risk of depression was increased in particular by tram traffic noise pollution (risk increase: 18% L_{DEN}/L_{Night} , 11% $L_{max,22-06}$ (nightly maximum level = NAT-1)). There were no increased (rather reduced in the basic model) depression risks when exposed to aircraft noise on the basis of small numbers of cases. The basic model showed predominantly reduced depression risks for aircraft noise, which, however, lost their statistical significance in the direct effects model.

In the direct effects model, the body mass index (BMI), traumas in childhood, physical activity, air particulate matter (PM₁₀) and nitrogen oxides (NO₂) were also taken into account in the regression models. The direct effects model is intended to estimate the immediate - "direct" - effects of traffic noise on the development of a disease. If, for example, exposure to noise leads to reduced physical activity (for example, because exercising due to the noisy living environment is perceived as unpleasant) or to increased body weight (for example, mediated by stress hormones), these indirect noise effects would to some extent be eliminated in the direct effects model. In this respect, it is understandable that the road and rail noise-related risk estimators of the direct effects model are lower than the basic model.

There was an association between the risk of an anxiety disorder and the exposure to rail traffic noise (especially tram traffic noise): an increase of risk of 42% was observed at levels between 45 and 50 dB L_{DEN} and of 35% -39% at levels between 50 and 60 dB $L_{max,22-06}$ tram traffic noise. The results of the basic model could be replicated in the "direct effects model", although the risk estimates were lower. Also, for road traffic noise high risk estimates were found especially for L_{NIGHT} , though they did not achieve statistical significance. Only very little number of people were affected by aircraft noise making an assumption about health-related effects very hard. In the continuous observation, no connection between the risk of an anxiety disorder and the aircraft noise pollution could be observed.

Due to the small sample size (study power) in the subgroup for cognitive impairments, the validity of the results for the traffic-related risk of cognitive impairment was low. There was an association be-

tween rail traffic noise exposure at night and the risk of a cognitive impairment. Here, statistically significant increases were found for nightly exposure to rail traffic noise of more than 60 dB and for the nightly maximum level ($L_{\max,22-06}$) between 40 and 45 dB, which, however, are based on a small number of cases.

Longitudinal analysis

A total of 5679 people participated in the follow-up assessment. This corresponds to a “loss-to-follow-up” of about 43.3%. There were differences between those lost to follow-up and those who remained in the study: non-responders were younger (statistically-significant) and had a lower socioeconomic status than those who remained in the study. Furthermore, the prevalence of depression and anxiety disorders at baseline was higher in those lost to follow-up (8.4% and 7.5%, respectively) compared to those who remained in the study (4.9% and 4.4%, respectively). On average, persons lost to follow-up also had higher exposure to road and rail traffic noise than people who remained in the study.

The incidence of depression was 5.3% and of anxiety disorder 4.9%. Women and people with a low socioeconomic status were more likely to have symptoms for depression and/ or anxiety disorders than men and people with a high socioeconomic status. Differences in age-structure were found: people with incident depression were on average older compared to people with incident anxiety disorder. Furthermore, people with mental disorders were more often overweight, had experienced traumatic events in childhood and were more often active smokers compared to people without abnormal values. Furthermore, more people with an incident depression/anxiety disorder felt highly annoyed and highly sleep disturbed compared to people without depression/anxiety disorder. There were only minor differences in particulate matter pollution between mentally affected and non-affected people.

Approximately 22.7% of participants over the age of 60 had an incident cognitive impairment. An age analysis indicated a possible selection bias that could be due to the low response. In addition, different survey forms of cognitive impairment could have introduced bias. Furthermore, because only small numbers of cases were available, an analysis of the association between traffic noise and the risk for incident cognitive impairment was not performed.

The findings of increased road traffic noise-related risks for depression reported for the cross-sectional analysis could not be confirmed in the longitudinal analysis: no increased road traffic noise-related risks for depression or anxiety disorders were found. For rail traffic noise, the highest (statistically non-significant) risk estimates for depression and anxiety disorders were found in the highest exposure category (≥ 60 dB L_{DEN}). For road traffic noise, the risk increases for depression and for depression and/or anxiety disorders reached statistical significance in intermediate level categories. For aircraft noise, increased risk estimates for depression and/or anxiety disorder were found at very low field occupancy levels of 50 dB L_{DEN} or more, some of which reached statistical significance. Based on continuous aircraft noise levels, increases in the risk of anxiety disorder (IRR) were found to be 34% per 10 dB (95% CI 0.91-1.96) for L_{DEN} , 59% per 10 dB (95% CI 0.77-3.31) for L_{Night} , and 11% per 10 dB (95% CI 0.82-1.52) for NAT-6. A stronger correlation was observed for persons with noise protection measures at the residential building (L_{Night} : IRR= 2.08, 95% CI 0.96-4.50 per 10 dB).

Awakening reactions due to railway noise

For rail traffic noise, an increase in depression risk for three or more awakening reactions was found. The risk effect reached statistical significance if people with missing values for depression at baseline were included in the basic model (adjusted for gender, age and socioeconomic status). Risk estimates were IRR=2.52 (95% CI 1.15-5.67). When the main analysis was stratified according to whether noise protection measures were present at home or not, a statistically-significantly increased risk of depression was observed for three or more awakening reactions for people living in homes without noise protection measures (IRR=2.93; 95% CI 1.02-8.37).

The risk of an incident anxiety disorder was increased due to an exposure of three or more awakening-reactions due to railway noise (IRR=2.56; 95% CI 1.02-6.43). This was particularly true in men. Furthermore, even people without noise protection measures at home also had an increased risk for an anxiety disorder when exposed to three or more railway noise-related awakening reactions (IRR=2.81; 95%CI 0.91-8.29).

If in addition to age, sex, and socio-economic status, BMI, childhood trauma, air pollution, physical activity, smoking, and drinking behavior were also included in the model ("direct effects models"), the results of the basic model were confirmed. The inclusion of high annoyance or high sleep disturbance in the basic model resulted in a lack of association between aircraft noise and incident anxiety disorders. This finding indicates that the influence of waking responses on depression or anxiety disorder could be mediated via an annoyance response or sleep disturbance (in a sense, as a pathophysiological "intermediate step").

In the original evaluation of the NORAH Study on disease risks using the case-control approach, an inverted U-shaped progression curve had been shown for the aircraft noise-related risk of depression. In order to investigate a possible "healthy-resident" effect - according to which highly traffic-noise-exposed persons with an onset of mental impairment could move more frequently to less noise-exposed areas - the relocation behavior was analyzed in the LIFE Study. About 15% of participants reported having moved between the first and second interviews. Individuals with an affective mental disorder (depression or anxiety disorder) at baseline moved more frequently during the 5-year follow-up period; there was no indication that people with depression or anxiety disorder were more likely to move to quieter areas than people without depression or anxiety disorder symptoms. Thus, the hypothesis of a "healthy resident effect" cannot be supported by the results of the LIFE cohort study.

The stress caused by the consequences of the corona pandemic and the associated limitations (e.g., social isolation) may be associated with a risk of depression or anxiety disorders. Because the follow-up survey was conducted at time points with varying degrees of corona-related limitations, this may have influenced the results. In order to take the influence of the corona pandemic into account, a scale was developed that estimated the severity of restriction measures taken. The scale ranged from 0 = "no restrictions" to 5 = "strong restrictions"). The scale was linked to survey date of the follow-up for each single participant.

We investigated the influence of the pandemic on the relationship between traffic noise and mental disorders. Therefore, we included restriction measures in the basic model. The results were comparable to those in the basic model. Thus, there is no serious influences of the corona pandemic on the relationship between traffic noise and mental health. Thus, there is no evidence of bias in the results due to psychological impairment resulting from the Corona pandemic.

Conclusion: The increased risk of depression and anxiety disorders with exposure to road traffic noise could not be confirmed on the basis of the follow-up survey of the LIFE participants after 5 years. For rail traffic noise, increased risks for anxiety disorders (and less pronounced for depression) were found for at least 3 nocturnal awakenings due to rail traffic noise. In addition, there was also evidence of increased risks for depression and anxiety disorders in relation to streetcar noise (especially in medium level categories). Overall, especially persons without noise protection measures were affected. For aircraft noise, a positive association between the risk of an anxiety disorder and aircraft noise exposure during the legal night noise level emerged in a very small numbers of cases. There is no evidence of a serious influence of the Corona pandemic on the results.

High annoyance and sleep disturbance from traffic noise at follow-up

Overall, 9.4% of participants were highly annoyed by road traffic noise, 3.8% by rail traffic noise and 3.7% by aircraft noise. For all traffic noise sources, the increase in risk with increasing noise levels could be quantified with odd ratios (OR). The risk increase was most pronounced for aircraft noise ex-

posure L_{Night} (OR=19.71; 95% CI 11.65-33.35). The corresponding risk estimates for road and rail traffic noise exposure L_{Night} were OR=3.71 (95% CI 2.91-4.73) and OR=3.28 (95% CI 2.74-3.93), respectively. When rail traffic noise sources were analyzed separately, the increase in annoyance was somewhat more pronounced for streetcar traffic noise than for railroad noise. For L_{DEN} , there were somewhat smaller overall increases in risk. A positive dose-response relationship was found for annoyance from railroad noise-related awakenings: the risk for high annoyance increased to OR=1.55 (95% CI 1.04-2.30) for ≥ 1 -<2 awakenings, OR=3.25 (95% CI 1.78-5.93) for ≥ 2 -<3 awakenings, and to OR=7.98 (95% CI 3.17-10.13) for 3 or more awakenings.

Furthermore, on the basis of the LIFE data, quadratic functions were created to determine the proportion of highly annoyed persons for a given traffic noise exposure. Accordingly, the proportion of highly annoyed persons is calculated as 31% at an L_{DEN} of 75 dB road traffic noise and 34% at an L_{DEN} of 75 dB rail traffic noise. For aircraft noise, a L_{DEN} of 55 dB already results in a share of 51% of highly annoyed persons. Comparison with the published curves from the WHO review on annoyance from traffic noise (Guski et al. 2017) showed the following: Exposure-response curves were lower than those of the WHO review for road traffic noise and rail traffic noise, and significantly higher for aircraft noise.

At follow-up, around 2.7% were highly sleep disturbed by road traffic, 1.4% by rail traffic noise and 2.0% by aircraft noise. People who were highly sleep disturbed were also more likely to be highly annoyed by the corresponding traffic noise source.

There was evidence for being highly sleep disturbed by traffic noise. The most profound relationship was found for aircraft noise at night L_{Night} (OR=19.66; 95% CI 11.47-33.71). Risk estimates were OR=2.86 (95% CI 1.92-4.28 per 10 dB) for road and OR=2.68 (95% CI 1.92-4.28 per 10 dB) for rail traffic noise. When considering rail traffic noises separately, there were higher risks for the risk of being highly sleep disturbed for tram traffic noise (OR=2.35; 95% CI 1.18-2.21 per 10 dB) compared to railway traffic noise (OR=1.61; 95% CI 1.18-2.21 per 10 dB). The risk of high sleep disturbance also increased with the number of awakenings from railway traffic noise: ≥ 1 - ≤ 2 awakenings: OR=1.25 (95% CI 0.65-2.41); ≥ 2 - ≤ 3 awakenings: OR=2.96 (95% CI 1.16-7.56) and ≥ 3 awakenings: OR=5.59 (95% CI 1.29-24.31).

Quadratic functions were created for the proportion of highly sleep disturbed persons for a given traffic noise exposure. For 65 dB L_{Night} road traffic noise, a proportion of 8% highly sleep disturbed was calculated; for 65 dB rail traffic noise, a proportion of 11% highly sleep disturbed was estimated. For 55 dB L_{Night} aircraft noise, 42% of participants were highly sleep disturbed.

For road traffic noise, the generated trajectory curve is comparable to the trajectory curve of the WHO review by Basner and McGuire (2018). For rail traffic noise, the proportion of those highly sleep disturbed according to the LIFE study is significantly lower than according to the WHO review. For aircraft noise, the calculated proportion of highly sleep disturbed is significantly higher than according to the WHO review.

Conclusion: Exposure-risk relationships or quadratic functions could be derived for the proportion of highly annoyed and highly sleep disturbed. According to the LIFE study, the proportion of highly annoyed and highly sleep-disturbed persons is higher at given aircraft noise levels compared to the WHO curve. On the other hand, the proportion of highly annoyed or highly sleep-disturbed persons is lower than in the WHO curves.

Overall conclusion:

By using different methodological approaches (systematic review, in-depth analysis of the NORAH study on disease risks conducted in the Rhine-Main area using a longitudinal approach, analysis of the Leipzig LIFE Baseline study as well as the LIFE follow-up study using a longitudinal approach), the present project is able to demonstrate an influence of traffic noise on the occurrence of mental illnesses (especially depression and anxiety disorders). For the first time, a detrimental health effect

(doubling of the risk for depression or anxiety disorders) could be empirically confirmed for three and more railroad noise-related awakening reactions. Nevertheless, based on this study, it cannot be determined which number of awakening reactions below 3 the depression and anxiety risks are considerably increased. In this regard, the limited study power and the associated broad categories and wide confidence intervals should be pointed out. The presented curves for the proportion of highly annoyed or highly sleep disturbed persons tend to be below the corresponding WHO curves for railroad noise, and tend to be above them for aircraft noise. The limited study power of the comparatively "young" LIFE cohort makes a replication of the evaluation in the 10-year follow-up desirable.

1 Hintergrund zur Studie

Chronische Geräuschbelastungen durch Luft-, Straßen- und Schienenverkehr können unmittelbar oder mittelbar – vermittelt etwa über einen chronischen Schlafmangel – komplexe psychische und physiologische Stressreaktionen auslösen. Damit kann das psychische Wohlbefinden beeinträchtigt werden, grundsätzlich kann daraus ein erhöhtes Risiko für psychische Erkrankungen resultieren (van Kamp & Davis 2013). Die Weltgesundheitsorganisation (WHO) schätzt, dass jährlich mindestens eine Million verlorene Lebensjahre (DALY) durch Erkrankungen, die in Zusammenhang mit Verkehrslärm stehen, verloren gehen (WHO 2010). Bisher beschäftigen sich allerdings nur relativ wenige Studien mit dem Zusammenhang zwischen Verkehrslärm und der psychischen Gesundheit, insbesondere mit dem Auftreten depressiver Störungen. In einer narrativen Übersichtsarbeit gingen Stansfeld und Matheson auf sieben Studien zum Zusammenhang zwischen Verkehrslärm und psychiatrischen Erkrankungen ein (Stansfeld & Matheson 2003). Die Autor*innen schlussfolgerten, dass Umgebungslärm einen Zusammenhang mit psychologischen Symptomen, nicht aber mit klinischen psychiatrischen Erkrankungen aufzuweisen scheine. Ein Zusammenhang mit psychiatrischen Erkrankungen bestehe möglicherweise erst bei höheren Lärmpegeln.

Einige Studien untersuchten die Einnahme von Arzneimitteln in Abhängigkeit von der Höhe des Verkehrslärms. Greiser et al. analysierten auf der Grundlage von Krankenkassendaten im Umkreis des Köln-Bonner Flughafens den Zusammenhang zwischen der Fluglärm-Exposition und der Verordnungshäufigkeit und -menge für verschiedene Arzneimittel (Greiser et al. 2007). Im Ergebnis fanden die Autor*innen eine höhere Verordnungshäufigkeit und -menge für Tranquilizer, Beruhigungs- und Schlafmittel. In einer späteren krankheitsbezogenen Auswertung fanden Greiser und Greiser bei Frauen statistisch signifikant erhöhte Erkrankungsrisiken für Depressionen, vor allem im Zeitfenster für nächtlichen Fluglärm (Greiser & Greiser 2010). Im Rahmen der HYENA-Studie fanden Floud et al. einen signifikanten Zusammenhang zwischen Straßenverkehrslärm und der Verordnung von Medikamenten (z. B. Antidepressiva, Anxiolytika) (Floud et al. 2011). Bocquier et al. konnten im Rahmen einer französischen Kohortenstudie (lediglich) bei Personen mit einem hohen Sozialstatus einen Zusammenhang zwischen Straßenverkehrslärm und den Verkaufszahlen an Anxiolytika und Hypnotika feststellen (Bocquier et al. 2014). In aktuellen Studien zeigten sich signifikante Zusammenhänge zwischen Straßenverkehrslärm und dem Auftreten einer depressiven Episode (Orban et al. 2016) sowie zwischen Fluglärm und einer unipolaren Depression sowie generalisierten Angststörung (Beutel et al. 2016).

Die große NORAH-Studie zu Krankheitsrisiken erlaubte erstmalig eine vergleichende Berechnung der Depressionsrisiken durch Straßenverkehrslärm, Schienenverkehrslärm und Fluglärm. Basierend auf den Versichertendaten von drei großen gesetzlichen Krankenkassen ließen sich 77.295 Fälle mit einer in den Jahren 2006 bis 2010 neu diagnostizierten klinischen Depression und 578.246 Kontrollpersonen ohne eine entsprechende Depressionsdiagnose identifizieren. Aus der Verknüpfung der Versichertendaten mit adressgenauen Verkehrslärm-Expositionen ließen sich Odds Ratios als Effektschätzer der relativen Depressionsrisiken berechnen (Seidler et al. 2017). Da sich kein Hinweis auf eine Effektmodifikation durch das Geschlecht fand, wurden die Odds Ratios für Männer und Frauen gemeinsam berechnet (adjustiert u.a. für das Geschlecht). Für den Straßenverkehrslärm konnten eine lineare Expositions-Risiko-Beziehung mit einer Odds Ratio (OR) von 1,17 (95%-Konfidenzintervall CI 1,10-1,25) gefunden werden. Beim Fluglärm erreichten die Risikoschätzungen bei 50 bis 55 dB eine maximale Odds Ratio von 1,23 (95% CI 1,19-1,28) und sanken bei höheren Expositions-kategorien. Bei Schienenverkehrslärm zeigte sich eine bei einem 24 Stunden-Dauerschallpegel von 60 bis 65 dB eine Odds Ratio von 1,15 (95% CI 1,08-1,22). Das höchste Erkrankungsrisiko fand sich mit einer Odds Ratio 1,42 (95% CI 1,33-1,52) bei einer kombinierten Exposition gegenüber Verkehrsgeräuschen über 50 dB aus allen drei Quellen (Straßenverkehrslärm >50 dB und Schienenverkehrslärm >50 dB und Fluglärm >50 dB). Insgesamt lagen die Verkehrslärm-bezogenen Depressionsrisiken in der Fallkontrollstudie höher als die Risiken für spezifische Herz-Kreislauf-Erkrankungen (Seidler et al. 2016a, 2016b, 2016c;

Zeeb et al. 2017). Bei Analyse der Nachtzeit zwischen 22 und 6 Uhr zeigte sich ein statistisch signifikant erhöhtes Depressionsrisiko bei Personen mit nächtlichen Fluglärm-Maximalpegeln (NAT-6) ≥ 50 dB bei Dauerschallpegeln < 40 dB. Für Schienenverkehrslärm und Straßenverkehrslärm lagen in der NORAH-Studie zu Krankheitsrisiken die nächtlichen Maximalpegel nicht vor.

Offene Fragen – und Beitrag des vorliegenden Vorhabens zu deren Beantwortung

Die vorgenannten Auswertungen der NORAH-Fallkontrollstudie konnten eine Ergebnisverzerrung durch solche Confounder berücksichtigen, die in den Sekundärdaten der gesetzlichen Krankenkassen enthalten waren (sozioökonomischer Status, wohnbezogener „Urbanitätsgrad“). Andere (z.B. Lifestyle-bezogene) Confounder konnten in den bisherigen Auswertungen der NORAH-Fallkontrollstudie ebenso wenig berücksichtigt werden wie Moderator- und Mediatorvariablen. Insbesondere die Analyse von Mediatorvariablen kann auch zu einem besseren Verständnis des pathophysiologischen Wirkpfades beitragen. An dieser Stelle wird also ein Bedarf an dem Einsatz verfeinerter Methoden gesehen; diesem Bedarf trägt das vorliegende Studie in seinen beiden Teilstudien Rechnung: In Teilstudie 1 erfolgt ausgehend von den Daten der NORAH-Studie zu Krankheitsrisiken eine diesbezügliche Analyse der vertiefenden Befragung einer Stichprobe von Versicherten. In Teilstudie 2 wird eine aktuell in Leipzig durchgeführte Kohortenstudie (LIFE-Studie) dazu genutzt, den Einfluss weiterer Confounder, Moderatoren und Mediatoren auf den Zusammenhang zwischen Verkehrslärm und psychischen Erkrankungen differenziert abzuschätzen.

Über die vorgenannten methodischen Fragen hinaus musste die NORAH-Fallkontrollstudie bisher offenlassen, ob die Risiken für alle Depressionsformen vergleichbar hoch sind oder ob es Unterschiede in den Verkehrslärm-bezogenen Risiken von depressiven Episoden und rezidivierenden depressiven Störungen gibt. Offen ist derzeit auch, ob auch „verwandte“ Erkrankungen aus dem neurotischen bzw. somatoformen Formenkreis (Angst- und Panikstörungen) in Zusammenhang mit der chronischen Belastung durch Verkehrslärm-Geräusche stehen.

Auch für andere psychische Erkrankungen wäre ein Zusammenhang mit einer chronischen Verkehrslärm-Exposition grundsätzlich pathophysiologisch erklärbar. Dies gilt insbesondere für die beiden wichtigsten Formen der Demenzerkrankungen, die Demenz vom Alzheimer-Typ und die vaskuläre Demenz: Wenn für Auswirkungen des Verkehrslärms auf das Herz-Kreislauf-System insbesondere die Aktivierung des sympathischen Nervensystems (daneben auch die Aktivierung der Hypothalamus-Hypophysen-Nebennierenrinden-Achse) verantwortlich gemacht wird, so ist darauf hinzuweisen, dass die vaskuläre Demenz als eine der beiden wichtigsten Demenztypen unmittelbar mit Gefäßerkrankungen in Zusammenhang steht. Wenn chronischer Verkehrslärm-bedingter Stress somit im Ergebnis der NORAH-Fallkontrollstudie zu Herz-Kreislauf-bezogenen Erkrankungen wie Herzinfarkt, Schlaganfall oder Herzinsuffizienz führen kann (Seidler et al. 2016a, 2016b, 2016c), so könnte grundsätzlich auch das Risiko einer vaskulären Demenz mit Verkehrslärm zusammenhängen. Doch auch der zweite wichtige Demenztyp, die Demenz vom Alzheimer-Typ, wird im Zusammenhang mit psychosozialen Faktoren gesehen. So konnten wir in einer Fallkontrollstudie einen Zusammenhang zwischen der Ausprägung des psychosozialen Netzwerks (Seidler et al. 2003) und der Ausprägung psychosozialer Faktoren am Arbeitsplatz (Seidler et al. 2004) mit der späteren Entwicklung einer Alzheimer-Demenz ebenso wie einer Demenz vom Alzheimer-Typ feststellen; den Zusammenhang mit psychosozialen Belastungen am Arbeitsplatz konnten wir in einem systematischen Review bestätigen (Then et al. 2014). Marcello et al. (2015) stellen die Hypothese auf, dass chronischer Stress einen wesentlichen Risikofaktor für die Alzheimer-Erkrankung darstelle. Cui und Li (2013) weisen darauf hin, dass chronische Lärmexposition im Tierexperiment eine *Hyperphosphorylierung* des Tau-Proteins und die Bildung pathologischer neurofibrillärer Bündel im Hippokampus und im präfrontalen Kortex hervorrufen kann (Cui et al. 2012); diesen Hirnregionen kommt eine Bedeutung für das Lernen und das Gedächtnis zu, und die dortige Ansammlung von Tau-Proteinen ist charakteristisch für die beginnende Alzheimer-Erkrankung. Lärmbedingter oxidativer Stress könnte die Akkumulation von Amyloid und Tau-Proteinen beschleunigen. Cui und Li (2013) zufolge sollten epidemiologische Studien durchgeführt werden,

um dieser Hypothese nachzugehen. Harding et al. (2013) schätzen für Großbritannien die zusätzlichen Krankheitsfälle ab, die jährlich durch Tageslärmpegel ab 55 dB ($L_{Aeq,16h}$) verursacht werden: Im Ergebnis dieser Abschätzung geben die vorgenannten Autoren 542 zusätzliche Herzinfarkt-Fälle, 788 Schlaganfall-Fälle und 1.169 Demenzfälle an. Harding et al. (2013) gehen in ihrer Abschätzung davon aus, dass Umweltlärm das Hypertonie-Risiko erhöht und Hypertonie das Demenzrisiko. Entsprechend gehen auch Greiser und Glaeske (2013) davon aus, dass Verkehrslärm zu zusätzlichen Erkrankungsfällen an einer Demenz bzw. an einer Alzheimer-Erkrankung führt: von 23.400 im Laufe von 10 Jahren auf nächtlichen Fluglärm zurückgeführten zusätzlichen Krankheitsfällen werden 3.700 Krankheitsfälle einer Demenzdiagnose zugeschrieben. Als Grundlage dieser Schätzung dient die Köln-Bonner Studie, in der Greiser und Greiser (2010a, 2010b) u.a. ein erhöhtes Demenzrisiko bei Exposition gegenüber nächtlichem Fluglärm beschrieben haben. Insgesamt ist festzustellen, dass ein erhöhtes Demenzrisiko bei chronischer Verkehrslärm-Exposition grundsätzlich möglich und pathophysiologisch erklärbar wäre, dass die diesbezügliche Erkenntnislage derzeit aber gering ist.

Ziel dieses Projektes war es, die Auswirkungen von chronischer Verkehrslärmbelastung auf das Risiko von psychischen Erkrankungen unter Berücksichtigung von potentiellen Confoundern, Moderatoren und Mediatoren zu untersuchen. Dafür wurden unterschiedliche methodische Ansätze verfolgt: 1) ein systematisches Review, 2) eine vertiefende Analyse der im Rhein-Main-Gebiet durchgeführten NO-RAH-Studie zu Krankheitsrisiken im Kohortenansatz (Teilstudie 1) und 3) Analyse der Leipziger LIFE-Baseline-Untersuchung sowie der LIFE-Follow-up-Untersuchung im Kohortenansatz (Teilstudie 2).

Die übergreifende Forschungsfrage lautete: Haben Personen mit Exposition gegenüber Verkehrslärm (Fluglärm, Straßen- und Schienenverkehrslärm) ein erhöhtes Risiko psychische Erkrankungen zu entwickeln? In den epidemiologischen Teilstudien wurde darauf eingegangen, ob und inwieweit Confounder, Moderatoren und Mediatoren den Zusammenhang zwischen Verkehrslärmbelastung und psychischen Erkrankungen beeinflussen.

2 Systematischer Review

Um einen Überblick über den aktuellen Forschungsstand zu geben, wurde im ersten Schritt eine systematische Übersichtsarbeit angefertigt. Der systematische Review bildet eine wichtige Grundlage der Auswahl relevanter Krankheitsentitäten wie auch der Definition der zu untersuchenden Einflussfaktoren und der zu berücksichtigenden Confounder und Effektmodifikatoren (Moderatorvariablen) in beiden Teilstudien.

2.1 Forschungsfrage

Die Forschungsfrage für die vorliegende Studie lautete:

„Haben Personen mit Exposition gegenüber Verkehrslärm (Fluglärm, Straßen- und Schienenverkehrslärm) ein erhöhtes Risiko, psychische Erkrankungen zu entwickeln?“

Die Studie folgte einem in PROSPERO registrierten Studienprotokoll mit dem Titel "Systematic review: environmental aircraft noise and non-auditory health complaints and diseases" (Seidler et al. 2013, Weihofen 2017). In einer Masterarbeit im Rahmen des Public Health-Studiums an der TU Dresden (Augustin 2017) wurde bereits die Literatur zum Zusammenhang zwischen Fluglärm und psychischen Störungen bis Februar bzw. Juni 2015 entsprechend diesem Studienprotokoll systematisch recherchiert und bewertet. Im Rahmen des vorliegenden Forschungsprojektes erfolgte eine Erweiterung auf alle Verkehrslärm-Arten (Straßenverkehrslärm, Schienenverkehrslärm und Fluglärm) und eine Erweiterung des Suchzeitraums bis in das Jahr 2019. Dabei wurde auch gezielt die Berücksichtigung eines möglichen Confoundings durch Luftschadstoffe in die Datenextraktion und Qualitätsbewertung der Primärstudien, wenn möglich auch in eine anschließende Metaanalyse, aufgenommen.

Im Folgenden wird die untersuchte Forschungsfrage zusammen mit der „Übersetzung“ in das PEO-Schema (Population-Exposure-Outcome) dargestellt (Tabelle 1). Eine präzise Formulierung der Forschungsfrage ist unabdingbar, um wissenschaftlich belastbare Aussagen zu den Determinanten und Auswirkungen von Verkehrslärm auf die psychische Gesundheit generieren zu können.

Tabelle 1: PEO-Schema mit Ein- und Ausschlusskriterien

Code	Kategorie	Einschlusskriterien	Ausschlusskriterien
P	Population	Bevölkerung (Kinder und Erwachsene, beide Geschlechter)	Beschäftigte als Studienpopulation, Tiere
E	Exposure	Fluglärm, Straßen- und Schienenverkehrslärm	Gewerbelärm, militärischer Fluglärm
O	Outcome	Psychische Erkrankungen einschließlich Demenzerkrankungen (ICD-10 F00-F99)	

2.2 Kriterien für den Studienein- bzw. -ausschluss

2.2.1 Population

Der systematische Review bezieht sich auf die allgemeine Wohnbevölkerung (Tabelle 2). Es wurden sowohl Frauen als auch Männer jeglichen Alters sowie Kinder in die systematische Übersichtsarbeit eingeschlossen. Hingegen wurden Studien nicht betrachtet, die die Lärmexposition bei Beschäftigten

am Arbeitsplatz untersuchten. Die Ergebnisse aus diesen Studien sind nicht unmittelbar auf die Allgemeinbevölkerung übertragbar, da diese Personengruppen u.U. stärker exponiert sind und möglicherweise auch Gehörschutzmaßnahmen greifen.

Ein Charakteristikum epidemiologischer Studien ist der Bezug zu einer definierten Bevölkerung. Weicht die Studienpopulation von dieser definierten Bevölkerung ab, ist von einem Selektionsbias auszugehen (Delgado-Rodriguez & Llorca 2004). Dieser beinhaltet eine Verzerrung der Ergebnisse. Bei einem ausgeprägten Selektionsbias ist die ermittelte Risikoabschätzung wissenschaftlich nicht verwertbar. Zu einem ausgeprägten Selektionsbias kann der Einschluss von „Selbstrekrutierenden“ führen, also von Menschen, die sich aus eigenem Antrieb für die Beteiligung an einer Studie melden (bspw. auf der Grundlage ausgeteilter Flugblätter). Die selbstrekrutierten Personen unterscheiden sich oftmals von der Allgemeinbevölkerung hinsichtlich demographischer und Lifestyle-Faktoren (Nilssen 2009). Aus diesem Grund werden in dem systematischen Review keine Studien eingeschlossen, deren Populationen selbstrekrutierte Teilnehmer*innen umfassen.

Ferner werden keine tierexperimentellen Studien eingeschlossen.

Tabelle 2: Ein- und Ausschlusskriterien (Population)

Code	Kategorie	Einschlusskriterien	Ausschlusskriterien
P	Population	Bevölkerung (Kinder und Erwachsene, beide Geschlechter)	Beschäftigte als Studienpopulation, Tiere

2.2.2 Exposition

Eine relevante „Exposition“ im Sinne der Forschungsfrage liegt dann vor, wenn in den Studien Straßen- und/oder Schienenverkehrslärm und/oder Fluglärm betrachtet wurde (Tabelle 3). Es wurden alle Studien eingeschlossen, die Lärmwerte tatsächlich erhoben oder mathematisch modelliert haben. Der Einbezug erfolgte unabhängig davon, ob in den Studien kontinuierliche Lärmpegel oder Pegelklassen (z.B. ≤ 50 dB, $>50-55$ dB, etc.) ermittelt wurden.

Nicht eingeschlossen wurden Studien, die den Einfluss von militärischem Fluglärm betrachten. Dies geschieht vor dem Hintergrund, dass militärische Strahlflugzeuge andere Flugverfahren als Verkehrsflugzeuge anwenden und somit die Vergleichbarkeit zu zivilem Luftverkehr nicht ohne weiteres gegeben ist. Außerdem wurden Studien ausgeschlossen, die den Einfluss von Gewerbelärm untersuchten.

Tabelle 3: Ein- und Ausschlusskriterien (Exposition)

Code	Kategorie	Einschlusskriterien	Ausschlusskriterien
E	Exposure	Fluglärm, Straßen- und Schienenverkehrslärm	Gewerbelärm, militärischer Fluglärm

2.2.3 Outcome

Um einen umfassenden Überblick hinsichtlich des Zusammenwirkens von Verkehrslärm und „psychischen Erkrankungen“ zu erlangen, wurde keine krankheitsspezifische Restriktion vorgenommen (Tabelle 4). In das Volltextscreening wurden zunächst auch Studien eingeschlossen, für die es im Abstract keine diagnosespezifische Aufschlüsselung gibt, wie z.B. die Aufzählung von gesundheitlichen Beschwerden oder die subjektive Selbsteinschätzung der eigenen psychischen Gesundheit. Mit diesem

sehr sensitiven Verfahren sollte gewährleistet werden, dass aussagekräftige Studien nicht versehentlich im Rahmen der Titel-Abstract-Sichtung ausgeschlossen werden. Ein Ausschluss dieser Studien soll dann erfolgen, wenn im Rahmen der Volltextsichtung keine Zuordnung der untersuchten Outcomes zu den Diagnosegruppen F00-F99 möglich ist.

Die Abstimmung und Operationalisierung der klinischen Diagnosen erfolgte in enger Zusammenarbeit mit der LIFE-Erhebungsstelle (Prof. Dr. med. S. G. Riedel-Heller).

Tabelle 4: Ein- und Ausschlusskriterien (Outcome)

Code	Kategorie	Einschlusskriterien	Ausschlusskriterien
O	Outcome	Psychische Erkrankungen einschließlich Demenzerkrankungen (ICD-10 F00-F99)	

2.2.4 Weitere Ein- und Ausschlusskriterien

Hinsichtlich des Studiendesigns wurde auf weitere Einschränkungen verzichtet, um keine relevanten Studien auszuschließen und um eine bestmögliche Vollständigkeit zu erreichen. In den systematischen Review wurden alle Arten von Beobachtungsstudien eingeschlossen (Tabelle 5). Dazu zählen Kohortenstudien, Fallkontrollstudien, Querschnittsstudien und ökologische Studien. Die geringere wissenschaftliche Aussagekraft von Querschnittsstudien und (insbesondere) von ökologischen Studien findet in der anschließenden Qualitätsbewertung Berücksichtigung.

Nicht eingeschlossen wurden Publikationsformen, die auf Primärdaten anderer Studien zurückgreifen (z.B. Reviews) oder keine hinreichend vollständige Darstellung von Methodik und Ergebnissen liefern (Editorials, Leserbriefe o.ä.).

Systematische Übersichtsarbeiten wurden bei der elektronischen Datenbankrecherche identifiziert. Anschließend wurden alle in den systematischen Reviews identifizierten Primärstudien für das Titel-Abstract-Screening aufgearbeitet.

Tabelle 5: Ein- und Ausschlusskriterien

Kategorie	Einschlusskriterien	Ausschlusskriterien
Design	Kohortenstudien, Fallkontrollstudien, Querschnittsstudien, ökologische Studien	Reviews, Leitartikel, Leserbriefe

Es erfolgte keine Einschränkung der Sprache und des Zeitraums, da dies zu einem Informationsverlust führen kann (Egger et al. 1997).

2.2.5 Suchstrategien zur Literaturrecherche

2.2.5.1 Elektronische Datenbanksuche

Die elektronische Datenbanksuche erfolgte in den Datenbanken MEDLINE (via Pubmed), Embase (via Ovid), PsycINFO (über ProQuest) und PSYINDEX (über EBSCO Host). Damit werden die umfangreichsten verfügbaren Datenbanken im biomedizinischen und psychologischen Bereich abgedeckt.

Für die vorliegende Arbeit wurde der in Augustin (2017) angegebene Suchstring erweitert. Der Suchstring setzt sich aus drei Suchblöcken zusammen, die alle mit einer AND-Verknüpfung (Boolscher Operator) verbunden wurden:

- (1) Lärm als Exposition,
- (2) Eingrenzung auf Fluglärm, Straßen- und Schienenverkehrslärm und
- (3) Eingrenzung auf psychische Erkrankungen.

Im Sinne eines sensitiven Suchstrings wurde zunächst sehr breit nach Outcomes im „Umfeld“ psychischer Erkrankungen gesucht. Damit sollten möglichst alle Studien gefunden werden, die sich auf psychische Erkrankungen beziehen.

2.2.5.2 Suchstring

Für die einzelnen Datenbanken wurde jeweils eine datenbankspezifische Suchstrategie erarbeitet. Der Suchstring wurde zunächst für Pubmed entwickelt und ist in Abbildung 1 dargestellt. Dieser Suchstring wurde dann im weiteren Verlauf auf die anderen Datenbanken angepasst.

Abbildung 1: Suchstring für Pubmed

["depression" OR "affective" OR "anxiety" OR "panic" OR "dysthymia" OR "dementia" OR Alzheimer* OR "mental" OR psychi* OR psychol* OR "annoyance") AND ("noise" AND ("aircraft" OR "airways" OR airplane* OR airline* OR "jet" OR "flight" OR rail* OR "train" OR "road" OR "highway" OR "street" OR "traffic" OR "transport")

Quelle: eigene Darstellung, Institut für Arbeits- und Sozialmedizin, TU Dresden

2.2.6 Titel-Abstract und Volltextsichtung

Insgesamt wurden 3.165 Publikationen der elektronischen Datenbanksuche in die Titel-Abstract-Sichtung eingeschlossen (Stichtag: 29.09.2017). Die Titel-Abstract-Sichtung wurde von zwei Auswerter*innen durchgeführt. Dabei wurden die Abstracts aller eingeschlossenen Publikationen von den beiden Auswertenden unabhängig voneinander gesichtet. Jeder Abstract wurde im Hinblick auf die Ein- und Ausschlusskriterien geprüft. Publikationen ohne Abstract wurden zunächst eingeschlossen, wenn aus dem Titel nicht zweifelsfrei hervorging, dass die Ein- und Ausschlusskriterien nicht erfüllt sind. Bei unterschiedlichen Entscheidungen der beiden Auswerter*innen über den Einschluss einer Studie wurde eine Einigung im Konsens erzielt. Im Ergebnis der Titel-Abstract-Sichtung der elektronischen Datenbankrecherche verblieben 203 Veröffentlichungen für das Volltextscreening.

Zusätzlich erfolgte eine Handsuche ausgehend von den Referenzlisten der eingeschlossenen Publikationen und systematischen Reviews. Des Weiteren erstreckte sich die Handsuche auf die Tagungsbände der Deutschen Gesellschaft für Akustik (DAGA) und auf die Tagungsbände der INTERNOISE-Tagungen. Durch die Handsuche wurden 55 weitere Publikationen für das Volltextscreening identifiziert.

Insgesamt wurden damit 258 Publikationen in das Volltextscreening einbezogen. Um an nicht ohne weiteres verfügbare Studien (z.B. Dissertationen) zu kommen, wurden teilweise die Autor*innen der Studien angeschrieben. Im Ergebnis konnten (lediglich) 9 der 258 zu sichtenden Volltexte nicht beschafft werden (Stichtag 29.03.2018).

Am Volltextscreening und an der Extraktion und Qualitätsbewertung der eingeschlossenen Publikationen waren sechs Auswertende beteiligt. Um ein einheitliches Vorgehen zu gewährleisten, wurden regelmäßig gemeinsame Besprechungen ausgewählter Studien unter Moderation des Studienleiters durchgeführt. Insgesamt wurden 21 Publikationen aus der elektronischen Datenbanksuche und 7 Publikationen aus der Handsuche extrahiert. Eine Übersicht der eingeschlossenen Publikationen ist Anhang A.1 zu entnehmen. Informationen zu den Extraktionstabellen findet sich im Anhang A.2.

Die Ausschlussgründe der 230 im Rahmen des Volltextscreenings ausgeschlossenen Publikationen sind in Abbildung 2 gelistet. Fast die Hälfte dieser 230 Publikationen (45%) wurde ausgeschlossen, weil diese sich nicht auf eine psychische Erkrankung bezogen. Entsprechend den oben definierten Kriterien wurden Studien ausgeschlossen, deren Outcomes sich nicht den ICD-10-Codes F00-F99 einschließlich Demenzerkrankungen zuordnen ließen. Demzufolge wurden Studien ausgeschlossen, die die Auswirkung von Verkehrslärm auf das Belästigungsbefinden (*Annoyance*) oder auf das psychische Wohlbefinden betrachteten. Des Weiteren wurden Übersichtsarbeiten, Briefe und Editorials ausgeschlossen (n = 51). Die Literaturverzeichnisse der Übersichtsarbeiten wurden jedoch in der Handsuche berücksichtigt. In 35 Fällen war keine klare Zuordnung der Expositionsangaben zu konkreten Ergebnissen möglich, oder es gab keine verwertbaren Angaben zur Exposition. Weitere 42 Studien erfüllten die Einschlusskriterien nicht und wurden ausgeschlossen. Die Ausschlussgründe sind in Abbildung 2 gelistet.

Informationen zu den ausgeschlossenen Publikationen findet sich in Anhang A.1.

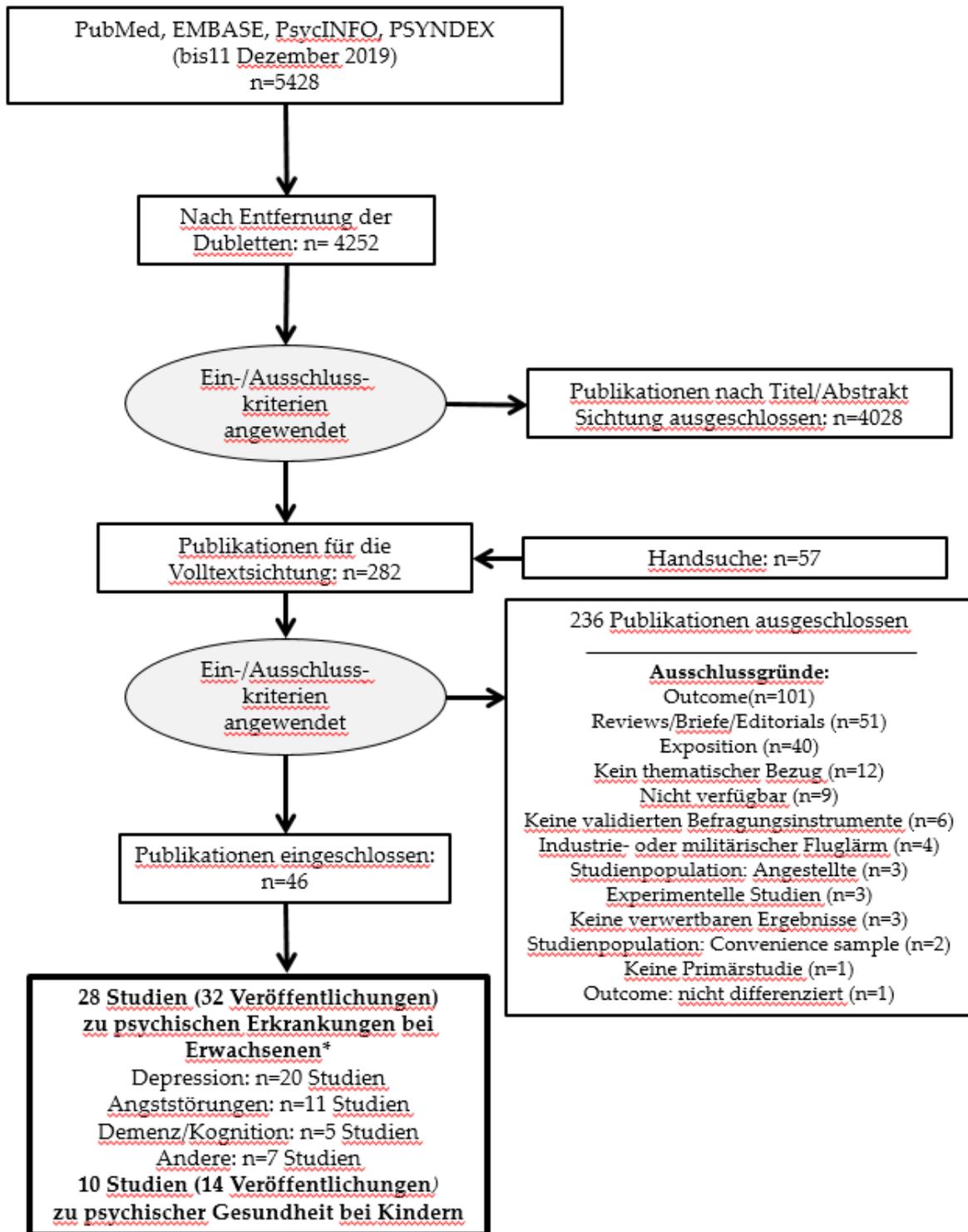
Am 14.2.2019 und 11.12.2019 wurde ein Update in allen Datenbanken und Tagungsbänden durchgeführt. Hierbei wurden 1.362 bzw. 274 Treffer in den Datenbanken erzielt. Nach Bereinigung der Duplikate gingen 967 bzw. 121 Publikationen in das Titel-Abstract-Screening ein. Das Titel-Abstract-Screening wurde von zwei Personen durchgeführt.

Zwei Auswertende waren am Volltextscreening und an der Extraktion und Qualitätsbewertung der eingeschlossenen Publikationen beteiligt. Insgesamt wurden 45 Artikel extrahiert.

Informationen zu den Extraktionstabellen findet sich im Anhang A.2.

Eine Übersicht für die gesamte Literatursuche ist in Abbildung 2 dargestellt.

Abbildung 2: PRISMA-Flow-Diagramm für die Literatursuche



Quelle: PRISMA-Diagramm modifiziert nach Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. BMJ 2021;372:n71. doi: 10.1136/bmj.n71

2.2.7 Qualitätsbewertung und Datenextraktion

Die Qualitätsbewertung und Extraktion der Studien erfolgte durch zwei Auswertende pro Studie unabhängig voneinander. In regelmäßig stattfindenden Besprechungsterminen wurden unter fachlicher Leitung und Moderation des Studienleiters Unsicherheiten bei der Qualitätsbewertung und die Extraktion von Zweifelsfällen besprochen und ein Konsens erarbeitet.

Die Daten der eingeschlossenen Studien wurden in Tabellen extrahiert. Diese Tabellen enthalten Informationen zur Studienpopulation (Studienregion, Stichprobengröße, Alter, Anzahl der Fälle und Kontrollpersonen, Zeitpunkt der Erst- und Folgerhebung sowie Angaben zur Response), zur Expositions- erfassung (Quelle, Expositionsmessung, Expositionshöhe), zu den Methoden der Outcome-Erhebung, zum Auswerteverfahren und zu den auf der Fragestellung dieser Übersichtsarbeit beruhenden Ergebnissen. Die Extraktion der Ergebnisse erfolgte in englischer Sprache. Die Extraktionstabellen sind im Appendix der entsprechenden Publikationen veröffentlicht (Hegewald et al. 2020, Schubert et al. 2019).

Konnten nicht alle für die Beantwortung der Studienfrage relevanten Ergebnisse aus den eingeschlossenen Übersichtsarbeiten extrahiert werden, wurden die Autor*innen der entsprechenden Veröffentlichung per E-Mail kontaktiert und um Übermittlung der Ergebnisse gebeten.

Die Bewertung der Studienqualität der eingeschlossenen Publikationen stellt einen wesentlichen Schritt bei der Erstellung eines systematischen Reviews dar (Egger & Smith 2008). In diesem systematischen Review wurde ein Instrument eingesetzt, welches auf der Grundlage von SIGN (Scottish Intercollegiate Guideline Network 2008) und CASP (Critical Appraisal Skills Programme 2008) entwickelt wurde. Die SIGN-CASP-Checkliste wurde bereits in mehreren systematischen Reviews eingesetzt (u.a. Seidler et al. 2013, Thinschmidt et al. 2014, Seidler et al. 2014, Wagner et al. 2015, Weihofen 2017, Drössler et al. 2018). Zentrale Punkte der Bewertung stellen das Vorliegen eines Selektions-Bias, eines Informations-Bias sowie der adäquate Umgang mit potenziellem Confounding dar. Das Ergebnis der Qualitätsbewertung wird durch eine dreistufige Skala dargestellt (Tabelle 6). Darüber hinaus werden spezifische Stärken und Schwächen der einzelnen Studien in den Extraktionstabellen vermerkt.

Die Extraktionstabellen der eingeschlossenen Publikationen finden sich im Anlagenband.

Tabelle 6: Studienbewertung nach SIGN (2008) und CASP (2008)

Bewertung	Beschreibung
++	Alle oder die meisten der Kriterien werden erfüllt. Es ist <u>sehr unwahrscheinlich</u> , dass die Kriterien, die nicht erfüllt wurden, die Schlussfolgerungen der Studie ändern
+	Einige der Kriterien werden erfüllt. Es ist <u>unwahrscheinlich</u> , dass die Kriterien, die nicht erfüllt wurden, die Schlussfolgerungen der Studie ändern.
-	Wenige oder keine der Kriterien wurden erfüllt. Es ist <u>wahrscheinlich oder sehr wahrscheinlich</u> , dass die Kriterien, die nicht erfüllt wurden, die Schlussfolgerungen der Studie ändern.

2.2.8 Datensynthese

2.2.8.1 Vereinheitlichung der Lärmwerte auf den gewichteten L_{DEN} -Pegel

Die eingeschlossenen Studien verwendeten unterschiedliche Maße der Verkehrslärm-Exposition. Um einen unmittelbaren Vergleich der Ergebnisse und eine Berechnung aggregierter Risikoschätzer zu ermöglichen, wurde eine Vereinheitlichung der Maßzahlen auf den L_{DEN} -Pegel nach den Formeln von Brink et al. (2015) durchgeführt (Tabelle 7).

Tabelle 7: Berechnung des L_{DEN} nach Brink et al. 2018

Umwandlung von:	Straßenverkehrslärm	Schienenverkehrslärm	Fluglärm
1. L_{eq24h} in L_{DEN}	$L_{eq24h} + 3,6$ dB	$L_{eq24h} + 6,1$ dB	$L_{eq24h} + 3,5$ dB
2. L_D in L_{DEN}	$L_D + 2,3$ dB $L_{eq,16h} + 1,8$ dB	$L_D + 6,0$ dB $L_{eq,16h} + 6,0$ dB	$L_D + 2,2$ dB $L_{eq,16h} + 2,0$ dB
3. L_{DN} in L_{DEN}	$L_{DN} + 1,0$ dB	$L_{DN} + 0,5$ dB	$L_{DN} + 0,9$ dB
4. L_N in L_{DEN}	$L_N + 8,3$ dB	$L_N + 6,7$ dB	$L_N + 9,8$

In die Hauptanalyse flossen die aus den Tageswerten hergeleiteten L_{DEN} -Werte ein. In einer Studie (Bocquier et al. 2014) waren nur die nächtlichen Lärmpegel angegeben. Hier flossen die in L_{DEN} -Pegel umgewandelten nächtlichen Lärmpegel (siehe Tabelle 7, 4. Zeile) in die Hauptanalyse zum Zusammenhang zwischen Straßenverkehrslärm und Angststörungen ein.

2.2.8.2 Metaanalyse

Sofern für eine Krankheitsgruppe mindestens drei Studien zu einer Verkehrslärm-Art vorlagen, wurde mit einer Metaanalyse ein zusammenfassender (aggregierter) Risikoschätzer berechnet. Eine Mindestzahl von drei Studien wurde vorgesehen, da eine niedrige Anzahl an Studien bei Random-Effect-Modellen zu einer Ergebnisverzerrung führen kann (Guolo & Varin 2017). Für die Kinderstudien wurde lediglich eine sehr geringe Anzahl von Primärstudien mit vergleichbaren Outcomes erwartet; um dennoch Metaanalysen zu ermöglichen, wurde hierfür eine Mindestanzahl von 2 Studien pro Outcome vorausgesetzt.

Der Metaanalyse wurde grundsätzlich eine lineare Beziehung zwischen dem L_{DEN} und dem Risiko für die jeweilige psychische Erkrankung zugrunde gelegt. Wenn erforderlich, erfolgte zunächst die Berechnung studienspezifischer Risikoschätzer pro 10 dB Lärmzunahme. Wenn in einer Studie lediglich Risikoschätzer für einzelne Lärmkategorien angegeben waren, so wurde in einem zweischrittigen Verfahren zunächst eine studienspezifische lineare Modellierung der Expositions-Risiko-Beziehung durchgeführt. Dazu wurden Varianz-gewichtete Kleinste-Quadrate-Modelle entweder mit dem Stata-Paket *vwls* oder dem Paket *gls* geschätzt.

Die resultierenden Risikoschätzungen pro 10 dB Pegelanstieg wurden dann mit Random-Effect-Metaanalysen unter Verwendung des Stata *metan*-Paketes zusammengefasst. Jeder Outcome wurde separat betrachtet. Die Metaanalyse wurde jeweils getrennt für die einzelnen Verkehrslärmarten durchgeführt und in Form sogenannter „Forest Plots“ dargestellt.

In die Metaanalyse wurden nur Studien einbezogen, in denen entweder kategoriale oder (lineare) kontinuierliche Risikoschätzer für dichotome Outcomes (z.B. Vorliegen versus fehlendes Vorliegen einer Depression) angegeben wurden. Ausschlussgründe waren:

- ▶ kontinuierlich erfasste Outcomes: Clark et al. 2013, Crombie et al. 2011, Stansfeld et al. 2009a, Jonah et al. 1981, Nivison & Endresen 1993, Weyde et al. 2018
- ▶ alle Verkehrslärmarten nur zusammen betrachtet: Generaal et al. 2019
- ▶ ausschließliche Angabe von Mittelwerten für Outcomes, die in Form von Punktwerten (Scores) gemessen wurden: Haines, et al. 2001a, b, c & Stansfeld et al. 1996 für die Subskalen Angst und Depression

- ▶ Einbezug der Lärmpegel in Interaktionsterme: Greiser et al. 2010
- ▶ fehlende Angabe von Mittelungspegeln mindestens für eine Tages- oder eine Nachtscheibe: Stansfeld et al. 2009b
- ▶ fehlende Angabe von Lärmpegeln für die Vergleichsgruppe der „Nicht-Exponierten“: Miyakawa et al. 2007

Stansfeld et al. (1996, 1993) gaben nur Prozentangaben für den betrachteten Outcome („psychiatric caseness“) an. Diese Angaben wurden von uns mithilfe des RefMan 5.3. in Risikoschätzer (Risk Ratios) umgewandelt.

Van Kamp et al. (2007) setzten in ihrer Studie den GHQ-12 Fragebogen ein, daneben wurde in dieser Studie auch die Einnahme von Antidepressiva erhoben. Grundsätzlich lassen sich beide Outcomes als Indikator („Proxy“) für das Vorliegen einer Depression verwenden. Um allerdings eine doppelte Gewichtung der Studie in der Metaanalyse zu vermeiden, konnte nur ein Outcome für die Metaanalyse berücksichtigt werden. Da sich gemäß Experteneinschätzung (Prof. Riedel-Heller) eine klinische Depression tendenziell besser mit dem GHQ-12 als mit der erfragten Einnahme von Antidepressiva abbilden lässt, wurden in der genannten Studie lediglich die Risikoschätzer für einen erhöhten GHQ-12-Score in die Metaanalyse einbezogen. Generell wurde die Operationalisierung der klinischen Outcomes in enger Zusammenarbeit mit dem ISAP durchgeführt (Prof. Riedel-Heller).

Für die Metaanalyse zum Zusammenhang von Verkehrslärm und Verhaltensauffälligkeiten wurden der *Strengths and Difficulties-Questionnaire* (SDQ) und die *Child Behavior Checklist* (CLCB) zusammen ausgewertet. Die CBCL-Skala *Internale Probleme* und die SDQ-Skala *Emotionale Probleme* erfassen beide depressive/ängstliche Symptome und somatische Beschwerden. Die CBCL-Skala *Externale Probleme* und die SDQ-Skala *Verhaltensauffälligkeiten* erheben beide aggressives, regelverletzendes Verhalten.

Sensitivitätsanalysen:

Zur Untersuchung des Einflusses der Studienqualität auf die Studienergebnisse wurden in eine Metaanalyse lediglich Studien einbezogen, die eine mindestens akzeptable Studienqualität (Bewertung mit „+“) aufwiesen. Als weitere Sensitivitätsanalyse wurde untersucht, wie sich der Ausschluss jeweils einer Studie aus der Metaanalyse („leave-one-out“-Analyse) auf die zusammenfassenden Risikoschätzer auswirkt.

Schreckenberg et al. (2009) und Floud et al. (2011) geben Fluglärm-bezogene Risikoschätzer für die Pegelmaße $L_{eq, 6-22h}$ wie auch L_N an. In der Hauptanalyse wurden die Risikoschätzer der in L_{DEN} -Pegel umgewandelten Tageslärmpegel ($L_{eq, 6-22h}$) eingeschlossen. Dies geschah unter der Annahme, dass die nächtlichen Mittelungspegel u.a. aufgrund starker regionaler Unterschiede (beispielsweise hinsichtlich der Verteilung der Flüge über die Nacht, des Anteils nächtlicher Frachtflüge, der Anzahl und Höhe nächtlicher Maximalpegel) nur eingeschränkt zur Ableitung einheitlicher Risikoschätzer geeignet sind. Da andererseits dem nächtlichen Verkehrslärm (insbesondere durch die damit verbundenen Schlafbeeinträchtigungen) eine besondere pathophysiologische Bedeutung für die Entstehung psychischer Erkrankungen zugeschrieben werden kann, wurden in einer zusätzlichen Sensitivitätsanalyse auch die in L_{DEN} -Pegel umgewandelten nächtlichen Fluglärmpegel (L_N) betrachtet.

2.3 Ergebnisse

2.3.1 Studien zu psychischen Auffälligkeiten bei Kindern

Insgesamt wurden 10 Studien (n=14 Publikationen) für die Übersichtsarbeit identifiziert. Eine tabellarische Beschreibung der Studien findet sich in Tabelle 8. Informationen zu den Extraktionstabellen finden sich im Anhang A.2.

Sechs Studien verwendeten den Fragebogen *Strengths and Difficulties Questionnaire* (SDQ) zur Untersuchung von durch Verkehrslärm hervorgerufene Verhaltensauffälligkeiten. Der SDQ besteht aus fünf Einzelskalen: *Emotionale Probleme*, *Hyperaktivität/Aufmerksamkeitsprobleme*, *Probleme im Umgang mit Gleichaltrigen*, *Verhaltensauffälligkeiten* und *Prosoziales Verhalten*. Die ersten vier Skalen können zu einer Gesamtskala zusammengefasst werden. Eine Studie verwendete die *Child Behavior Checklist* (CBCL) zur Erfassung von Verhaltensauffälligkeiten. Für die Auswertung des CBCL-Fragebogens konnten die drei übergeordneten Skalen *Internale Probleme*, *Externale Probleme* und eine Skala zur *Gesamtauffälligkeit* gebildet werden. Die *Internale Probleme*-Skala entspricht der SDQ-Skala *Emotionale Probleme*. Die CBCL-Skala *Externale Probleme* entspricht der SDQ-Skala *Verhaltensauffälligkeiten*. Eine weitere Studie untersuchte Unaufmerksamkeit bei Kindern im Alter von 8 Jahren mittels der „*Rating Scale for Disruptive Behavior Disorders*“ (RSDBD), welche die neun Unaufmerksamkeits-Items von ADHS nach dem DSM-IV berücksichtigt. Für die Auswertung konnte ein Summenwert gebildet werden. Eine andere Studie verwendete eine adaptierte Version des *Attention Deficit Hyperactivity Disorders* - Fragebogens (ADHD). Weiterhin wurden das *Child Depression Inventory* (CDI) und die überarbeitete Version der *Child Manifest Anxiety Scale* (CMAS) genutzt, um Depression und Angst bei Kindern zu erfassen. Eine Studie nutzte eine *Attention Deficit Hyperactivity Disorder – (ADHD) – DSM-IV* Liste, die von den Lehrkräften ausgefüllt wurde.

Vier Arbeiten wurden von der Arbeitsgruppe um Stephen Stansfeld durchgeführt. Zwei dieser Studien untersuchten den Zusammenhang zwischen Verkehrslärm und psychischer Gesundheit bei englischen Schulkindern, während in zwei weiteren Studien derselben Arbeitsgruppe auch Daten von spanischen und niederländischen Schulkindern analysiert wurden (RANCH-Studie). In diesen vier Studien wurde sowohl Fluglärm als auch Straßenverkehrslärm ($L_{eq, 16h}$) bei 9-10-jährigen Grundschulkindern bzw. 15-17-jährigen Schulkindern weiterführender Schulen betrachtet. Die Ergebnisse weisen auf einen Zusammenhang zwischen *Hyperaktivität/Aufmerksamkeitsproblemen* und Fluglärm-Exposition (Crombie et al. 2011, Haines et al. 2001a, c, Stansfeld et al. 2009a) sowie zwischen *Verhaltensauffälligkeiten* und Straßenverkehrslärm bei Grundschulkindern hin (Stansfeld et al. 2009a). Neben dem SDQ-Fragebogen wurde von Haines et al. 2001 a, b auch Depression und Angst mit dem Depressionsinventar für Kinder (*Child Depression Inventory – CDI*) bzw. mit der überarbeiteten Angstskala für Kinder (*Revised Child Manifest Anxiety Scale – CMAS*) erfasst. Haines und Kollegen konnten keine signifikanten Zusammenhänge zwischen dem Auftreten einer Depressions- bzw. Angstsymptomatik bei Kindern und der Exposition von Flug- bzw. Straßenverkehrslärm aufzeigen.

Eine longitudinale Studie aus Dänemark von Hjortebjerg et al. (2016) basiert auf den Daten der *Danish National Birth Cohort* und untersuchte die Auswirkung von Verkehrslärm (L_{Night} , L_{DEN}) auf Verhaltensprobleme von 7-jährigen Kindern. Dabei wurden sowohl Straßen- als auch Schienenverkehrslärm zum Geburtszeitpunkt bis zum Alter von 7 Jahren betrachtet. *Hyperaktivität/Aufmerksamkeitsprobleme* hingen signifikant mit dem durchschnittlichen Straßenverkehrslärm (L_{DEN}) vom Zeitpunkt der Geburt bis zum Alter von 7 Jahren zusammen (OR pro 10 dB=1,10; 95% KI 1,03-1,18). Für Schienenverkehrslärm im Alter von 7 Jahren (L_{DEN}) zeigte sich ein vergleichbar hoher, statistisch nicht signifikanter positiver Zusammenhang mit *Hyperaktivität/Aufmerksamkeitsproblemen* (OR pro 10 dB L_{DEN} =1,09; 95% KI 0,97-1,22). Weder Straßenverkehrslärm zur Zeit der Schwangerschaft noch Schienenverkehrslärm zum Zeitpunkt der Geburt wiesen einen Zusammenhang mit *Hyperaktivität/Aufmerksamkeitsproblemen* im Alter von 7 Jahren auf. *Verhaltensauffälligkeiten* im Alter von 7 Jahren insgesamt waren sowohl mit dem Straßenverkehrslärm im Alter bis zu 7 Jahren (statistisch grenzwertig signifikant) als auch mit dem Schienenverkehrslärm im Alter von 7 Jahren (statistisch signifikant) assoziiert.

Weyde et al. (2018) untersuchten die Auswirkungen von Straßenverkehrslärm (L_{DEN}) auf Aufmerksamkeitsprobleme bei 8-jährigen Kindern basierend auf den Daten der „*Norwegian Mother and Child Cohort Study*“. Hierbei wurden drei verschiedene Zeitfenster der Exposition berücksichtigt: pränatal, zwischen drittem und achtem Lebensjahr, im Alter von 8 Jahren. Im Ergebnis zeigen sich signifikante

Erhöhungen im Unaufmerksamkeitsscore von 1,2% Punkten pro 10 dB für die Verkehrslärmexposition im Alter von 8 Jahren (Koef=0,0083; 95% KI 0,0012-0,0154) bzw. von 1,3 % pro 10 dB für die durchschnittliche Verkehrslärmexposition der letzten 5 Jahre (Koef=0,0090; 95% KI 0,0016-0,0164). Des Weiteren hatte die pränatale Straßenverkehrslärmexposition einen signifikanten Einfluss auf das Aufmerksamkeitsverhalten der Jungen, aber nicht der Mädchen.

Eine deutsche Studie untersuchte den Zusammenhang zwischen Straßenverkehrslärm-Exposition und Verhaltensauffälligkeiten bei 10-jährigen Kindern aus München mittels Daten zweier Geburtskohorten (*GINIplus* und *LISAplus*, Tiesler et al. 2013). Die Risikoschätzer wurden auf die Interquartilsabstände (IQR, zwischen 8,22 und 9,02 dB) bezogen; die Risikoschätzer pro 10 dB Pegelanstieg würden also etwas höher liegen. Es zeigte sich ein Zusammenhang zwischen Straßenverkehrslärm-Pegeln (gemessen an der am meisten exponierten Fassade) und *Hyperaktivität/ Aufmerksamkeitsproblemen* (OR pro L_{DEN} -IQR=1,28; 95% KI 1,03-1,58), OR für L_N -IQR=1,32; 95% KI 1,06-1,64). Weiterhin zeigte sich ein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen der Straßenverkehrslärm-Exposition an der wenig exponierten Fassade und *Emotionalen Problemen* (abnormale versus grenzwertige Werte).

Eine südkoreanische Studie untersuchte im Querschnittsdesign den Einfluss von Straßenverkehrslärm (L_{DN}) auf Verhaltensauffälligkeiten bei Schulkindern aus vier Grundschulen und vier Mittelschulen in Seoul und Ulsan (Lim et al. 2018). Es zeigten sich keine signifikanten Zusammenhänge für lärmbedingte *Internale Probleme* und *Externale Probleme*. Bei Betrachtung der Gesamtskala zeigte sich eine signifikante Risikoerhöhung von Verhaltensauffälligkeiten bei zunehmendem Straßenverkehrslärm (OR pro 5 dB=1,08; 95% KI 1,01-1,15).

In einer serbischen Studie wurde der Zusammenhang zwischen Straßenverkehrslärm und Aufmerksamkeitsstörungen mittels einer Querschnittsstudie bei 7 bis 11 Jahre alten Schulkindern von acht Schulen im Zentrum von Belgrad untersucht (Belojevic et al. 2012). Die Aufmerksamkeit wurde durch die Lehrer bewertet, und Straßenverkehrslärm wurde an der Wohnanschrift der Schulkinder und in der Schule erfasst. Insgesamt zeigte sich kein wesentlicher Einfluss von Straßenverkehrslärm an der Schule oder an der Wohnanschrift der Kinder auf die Aufmerksamkeit. Jedoch war eine hohe Straßenverkehrslärmbelastung in der Nähe der Wohnung signifikant mit Aufmerksamkeitsstörungen für Jungen zu beobachten (Beta=-0,18, p=0,006).

Forns et al. (2016) untersuchten den Einfluss von Luftschadstoffen und Verkehrslärm im Klassenzimmer auf Aufmerksamkeits-Defizit-Hyperaktivitäts-Störungen (ADHD) bei 7- bis 11-jährigen Schulkindern aus 39 Schulen in Spanien innerhalb des BREATHE-Projektes. Im Ergebnis zeigte sich, dass eine hohe Verkehrslärmexposition in den Klassenzimmern mit hohen ADHD-DSM-IV-Werten assoziiert war.

Tabelle 8: Studien zu psychischen Erkrankungen von Kindern und Verkehrslärm

Studie Metaanalyse (Ja/Nein mit Ausschlussgrund)	Land Design Qualität	Population, bei Kohortenstu- dien: Follow-up- Zeit	Outcome-Messung	Lärmquelle	Lärm-Maße	Lärmkategorien (dB)	Effektschätzer und Adjustierung
Belojevic et al. 2012 Nein (kontinuierlicher End- punkt)	Serbien Querschnitts- studie -	N=311 (M=146, F=146) 7-11 Jahre	ADHD-Fragebogen angepasst	Straße	L_{24h}	Kontinuierliche Analyse	Beta Geschlecht, sozio- ökonomischer Status
Clark et al. 2013 Nein (kontinuierlicher End- punkt)	UK Longitudinale Studie -	N=461 (M=202, F=259) 15-17 Jahre	SDQ	Flug Straße	$L_{eq,07-23h}$ ($L_{eq,16h}$)	Kontinuierliche Analyse	Beta Alter, Geschlecht, Arbeit der Eltern, Anzahl der im Haushalt leben- den Personen, Wohneigentum, Ausbildung der Mutter, lange Krankheit, Spra- che, die Zuhause gesprochen wird, Unterstützung durch die Eltern, Fensterverglasung im Klassenzim- mer, Straßenlärm in der Grund- schule
Crombie et al. 2011 Stansfeld et al. 2005 Nein (kontinuierlicher End- punkt)	UK, Spanien, Niederlande Querschnitts- studie -	N=1.900 (M=897, F=1003) 10,6 Jahre (Mit- telwert)	SDQ	Flug, Straße	$L_{eq,07-23h}$ ($L_{eq,16h}$)	Kontinuierliche Analyse	Beta Alter, Geschlecht, Herkunftsland, Er- werbsstatus, An- zahl der im Haus- halt lebenden

Studie Metaanalyse (Ja/Nein mit Ausschlussgrund)	Land Design Qualität	Population, bei Kohortenstu- dien: Follow-up- Zeit	Outcome-Messung	Lärmquelle	Lärm-Maße	Lärmkategorien (dB)	Effektschätzer und Adjustierung
							Personen, Bil- dungsniveau der Mutter, Woh- nungsmietver- hältnis, lang an- haltende Krank- heiten, Sprache, die Zuhause ge- sprochen wird, Unterstützung durch die Eltern, Fensterverglasung im Klassenzimmer
Forns et al. 2016 Nein (kontinuierlicher End- punkt)	Spanien Querschnitts- studie -	N=2897 (M=1446, F=1430) 7 – 11 Jahre	SDQ, ADHD-DSM- IV	Verkehr	-	Kontinuierliche Analyse	Adjustiertes mitt- leres Verhältnis Alter, Geschlecht, Bildung der Mut- ter, Urbaner Vul- nerabilitätsindex der Wohnan- schrift, Verkehrs- lärmbelästigung an der Wohnan- schrift, Tabakkon- sum zuhause, ur- baner Vulnerabili- tätsindex der Schule, Schultyp, Luftverschmut- zung

Studie Metaanalyse (Ja/Nein mit Ausschlussgrund)	Land Design Qualität	Population, bei Kohortenstu- dien: Follow-up- Zeit	Outcome-Messung	Lärmquelle	Lärm-Maße	Lärmkategorien (dB)	Effektschätzer und Adjustierung
Haines et al. 2001a,b,c Nein (nur Angabe von Mittelwerten)	UK Longitudinale Studie +/(Quer- schnitt-ana- lyse: -)	N=275/N=451 (M=143, F=132) 10 Jahre	CDI CMAS SDQ	Flug	$L_{eq,07-23h}$ $L_{eq,16h}$	Hohe Lärmexposi- tion $L_{eq} > 63$ bzw. ≥ 66 dB	Mittelwert Haushaltseinkom- men (Townsend's Scale), Alter, Hauptsprache, dieZuhause ge- sprochen
Hjortebjerg et al. 2016 Ja	Dänemark Longitudinale Studie +	N=46.940 7 Jahre	SDQ	Straße Schiene	$L_{N,23-07h}$ L_{DEN}	Kontinuierlich, Ri- sikoveränderung pro 10 dB Startpunkt Stra- ßenverkehrslärm: 40 dB (Werte klei- ner 40 dB auf 40 dB gesetzt) Startpunkt Schie- nenverkehrslärm: 0 dB (Werte klei- ner 20 dB auf 0 dB gesetzt)	OR Geschlecht, Alter bei SDQ, Alter der Mutter bei Ge- burt, Geburtsge- wicht, Anzahl der Schwangerschaf- ten, Bildungsnive- au, verfügbares Einkommen, Rau- chen und Alkohol- konsum während des 1. Trimenons, Straßenverkehrs-, Eisenbahn- und Flughafenlärm bei der Geburt (für die Exposition während der Schwangerschaft, jeweils ohne die jeweils unter- suchte Lärmart, beim Eisenbahn- lärm auch ohne

Studie Metaanalyse (Ja/Nein mit Ausschlussgrund)	Land Design Qualität	Population, bei Kohortenstu- dien: Follow-up- Zeit	Outcome-Messung	Lärmquelle	Lärm-Maße	Lärmkategorien (dB)	Effektschätzer und Adjustierung
							Fluglärm) und im Alter von 7 Jahren und selbstberich- tete psychische Probleme der Mutter im 1. Tri- mester, Stickoxide
Lim et al. 2018 Ja	Südkorea Querschnitt- studie -	N=918 (M=427, F=491), 11,5 Jahre (Mit- telwert)	CBCL	Straße	L_{DN}	Kontinuierliche Analyse mit Risi- koveränderung pro 5 dB	OR Alter, Geschlecht, monatliches Ein- kommen, Frühge- burt, Alter der Mutter bei der Geburt, Passivrau- chen, Erkrankun- gen der Mutter während der Schwangerschaft (Bluthochdruck, Präeklampsie), Mentale Störun- gen (ADHS, Tou- rette-Syndrom und andere Tic- Störungen, Stö- rungen des Sozial- verhaltens)
Stansfeld et al. 2009a (Nein kontinuierlicher End- punkt)	UK Querschnitts- studie -	N=2.014 9-10 Jahre	SDQ	Flug Straße	$L_{eq,07-23h}$ ($L_{eq,16h}$)	Kontinuierliche Analyse	Beta Alter, Geschlecht, Land, Bildungsni- veau der Mutter,

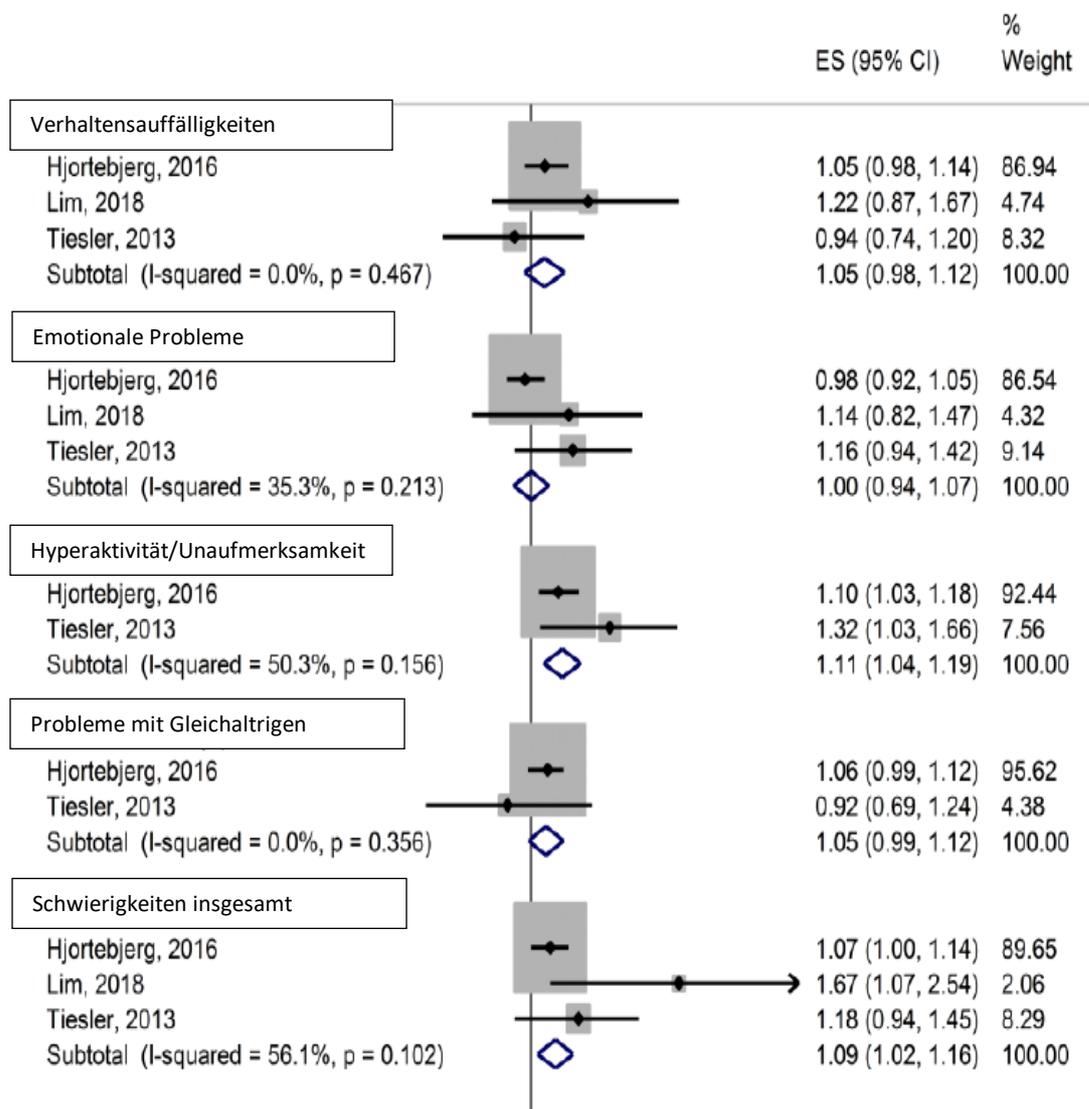
Studie Metaanalyse (Ja/Nein mit Ausschlussgrund)	Land Design Qualität	Population, bei Kohortenstu- dien: Follow-up- Zeit	Outcome-Messung	Lärmquelle	Lärm-Maße	Lärmkategorien (dB)	Effektschätzer und Adjustierung
							Beschäftigungs- status, Anzahl der im Haushalt le- benden Personen, Wohneigentum, Krankheit, Spra- che, die Zuhause gesprochen wird, Unterstützung durch die Eltern, Fensterverglasung im Klassenzimmer
Tiesler et al. 2013 Ja	Deutschland Querschnitts- studie -	N=872 (M=410, F=462) 10 Jahre	SDQ	Straße	$L_{N,22-06h}$ L_{DEN}	Kontinuierliche Analyse, Risi- koveränderung pro IQR (entspre- chend etwa 8,2 bis 9 dB) Niedrigster L_{DEN} - Wert an höchst exponierter Fas- sade 35.4 dB, niedrigster L_N - Wert 26.9 dB	OR Studie, Ge- schlecht, Alter, el- terliches Bildungs- niveau, Alter der Mütter bei der Geburt, Fernseh- /Computernut- zung, alleinerzie- hender Status
Weyde et al. 2018 (Nein kontinuierlicher End- punkt)	Norwegen Longitudinale Studie +	N=1.934 (prena- tal) N=1.384 (postna- tal) Anteil an Jungen: 47,5-52,5%)	RSDBD	Straße	L_{DEN}	Kontinuierliche Analyse	Beta Alter, Geschlecht, Haushaltseinkom- men, Bildung der Mutter, Urbani- tät, Ethnizität, Al- koholkonsum und

Studie Metaanalyse (Ja/Nein mit Ausschlussgrund)	Land Design Qualität	Population, bei Kohortenstu- dien: Follow-up- Zeit	Outcome-Messung	Lärmquelle	Lärm-Maße	Lärmkategorien (dB)	Effektschätzer und Adjustierung
		Alter: 97,3-97,5 Monate					Rauchverhalten der Mutter wäh- rend der Schwan- gerschaft, niedri- ges Geburtsge- wicht, Frühgeburt

Es wurde eine Metaanalyse mit den folgenden drei Studien durchgeführt: Hjortebjerk et al. 2016, Tiesler et al. 2013 und Lim et al. 2018. Im Ergebnis zeigten sich statistisch signifikante Risikoerhöhungen für die Gesamtskala für Auffälligkeiten (ES=1,09; 95% KI 1,02-1,16). Weiterhin zeigte sich ein statistisch signifikanter Einfluss von Straßenverkehrslärm auf Hyperaktivität/Unaufmerksamkeit; allerdings konnten hier nur 2 Studien in die Metaanalyse einbezogen werden (ES=1,11; 95% KI 1,04-1,19). Schließlich fanden sich statistisch nicht signifikante Risikoerhöhungen für *Verhaltensauffälligkeiten/Externale Probleme* (ES=1,05; 95% KI 0,98-1,12) und den *Umgang mit Gleichaltrigen* (ES=1,05; 95% KI 0,99-1,12). Die Ergebnisse der Metaanalyse ist in Abbildung 3 pro 10 dB Anstieg des Dauerschallpegels dargestellt.

Sieben Studien waren wegen der kontinuierlichen Betrachtung der Outcomes bzw. wegen der Angabe von Mittelwerten für die metaanalytische Berechnung von Risikoschätzern nicht verwertbar (Bebojevic et al. 2012, Clark et al. 2013, Crombie et al. 2011, Fornis et al. 2016, Haines et al. 2001a, b, c Stansfeld et al. 2009a und Weyde et al. 2017).

Abbildung 3: Ergebnisse der Metaanalyse und Darstellung der Risikoschätzer der einzelnen Studien (Hjortebjerk et al. 2016; auf Risikoanstieg pro 10 dB L_{DEN} umgerechnet), Tiesler et al. 2013 und Lim et al. 2018)



Quelle: eigene Darstellung, Institut für Arbeits- und Sozialmedizin, TU Dresden

2.3.2 Depression

Zum Einfluss von Verkehrslärm auf die Entwicklung einer Depression konnten 20 Studien (n=22 Publikationen) in die Übersichtsarbeit eingeschlossen werden. Eine kurze Charakterisierung der einzelnen Studien ist in Tabelle 9 gegeben. Die Extraktionstabellen finden sich in Anhang 2.

Depression wurde in den meisten einbezogenen Studien durch validierte Fragebögen erfasst. Vorwiegend wurde der General Health Questionnaire (GHQ) in verschiedenen Versionen eingesetzt (van Kamp et al. 2007, Baudin et al. 2018: GHQ-12, Miyakawa et al. 2007, Stansfeld et al. 2009b: GHQ-28, Stansfeld et al. 1993, 1996: GHQ-30). Sygna und Kollegen (2014) nutzten die Hopkins Symptom Checkliste (HSCL-25) zur Erfassung der psychischen Belastung (Depression/Angst). Stansfeld und Kollegen setzten zudem das Clinical Interview Schedule – Revised (CIS-R)-Befragungsinstrument ein. Van Kamp et al. (2007) erfassten neben dem GHQ-12 auch die Einnahme von Antidepressiva in den letzten 2 Wochen. Orban et al. (2016) erhoben eine depressive Symptomatik mit der Allgemeinen Depressionskala (Center for Epidemiological Studies Depression Scale – CES-D) und mit der Einnahme von Antidepressiva während der letzten Woche. Tzivian et al. (2018) setzen ebenfalls die CES-D-Skala ein, um eine depressive Symptomatik bei älteren Probanden zu erfassen. Generaal et al. (2019a) erfassten Depression und Angststörungen gemäß Diagnostic and Statistical Manual for Mental Disorders (DSM)-IV-Kriterien mithilfe des Composite International Diagnostic Interviews (CIDI). Depressive Verstimmungen wurden in einer weiteren Studie mit dem Patient Health Questionnaire (PHQ)-9 erfasst (Leijssen et al. 2019). Vier weitere Studien analysierten die Einnahme von Antidepressiva in den letzten zwei Wochen (Floud et al. 2011) bzw. während des Erhebungsjahres (Halonen et al. 2013, 2014, Klomp maker et al. 2019, Okokon et al. 2018). Schrecken berg et al. (2009) erfassten den Konsum von stimmungsbeeinflussenden Mitteln und Beruhigungsmitteln in den letzten 12 Monaten in Anlehnung an den Bundesgesundheitssurvey (1998). Greiser et al. (2010) und Seidler et al. (2017) nutzten ICD-9 bzw. ICD-10-Diagnosen aus Sekundärdaten deutscher Krankenkassen. Auch Hé et al. (2019) verwendeten die ICD-9/ ICD-10-Codes aus Krankenhausunterlagen. Zock et al. (2019) nutzten den ICPC-Code (Klassifizierungscode der Primärversorgung) im Erhebungsjahr. Generaal und Kollegen (2019b) führten eine gepoolte Analyse von acht Studien (NEMENSIS-2, NESDA, HELIUS, NTR, HOORN, LASA, NL-SH, Generations2) durch, die verschiedene Instrumente einsetzten (CIDI, PHQ-9, Hospital and Depression Scale (HADS-D), CES-D, Four-Dimensional Symptom Questionnaire (4DSQ), Beck Depression Inventory-II (BDI-II)).

Die meisten Studien bezogen Männer und Frauen ein, demgegenüber untersuchten Stansfeld et al. (1993, 1996) nur Männer (basierend auf der Caerphilly Collaborative Heart Disease Study). In der gepoolten Analyse von Generaal et al. (2019b) ist eine Studie enthalten, in der nur Frauen (Generations2-Studie) betrachtet wurden. Hé et al. (2019) untersuchten die weiteren medizinischen Behandlungen von Frauen, die im Krankenhaus entbunden hatten. In sechs der einbezogenen Studien wurden Personen mittleren Alters, d.h. 40 Jahre und älter, untersucht (Floud et al. 2011, Greiser et al. 2010, Orban et al. 2016, Seidler et al. 2017, Stansfeld et al. 1993, 1996, Tzivian et al. 2018). In den meisten Studien (n=11) wurden auch jüngere Personen eingeschlossen (Baudin et al. 2018, Generaal et al. 2019a, b, Halonen et al. 2013, 2014, Hé et al. 2019, Klomp maker et al. 2019, Leijssen et al. 2019, Okokon et al. 2018, Schrecken berg et al. 2009, Sygna et al. 2014, Zock et al. 2018). Zwei Studien machten keine Angaben zum Alter (Miyakawa et al. 2007, van Kamp et al. 2007). Stansfeld et al. (2009b) wählten als Untersuchungseinheit nicht einzelne Personen, sondern Wohnungen und deren Bewohner*innen.

Sechs Studien wurden in den Niederlanden durchgeführt (Generaal et al. 2019a, b, Klomp maker et al. 2019, Leijssen et al. 2019, van Kamp et al. 2007, Zock et al. 2018). Fünf Studien wurden in Deutschland durchgeführt (Greiser et al. 2010, Orban et al. 2016, Schrecken berg et al. 2009, Seidler et al. 2017, Tzivian et al. 2018). Jeweils zwei Studien waren aus Großbritannien (Stansfeld et al. 1996/1993, 2009b) und Finnland (Halonen et al. 2013, 2014, Okokon et al. 2018). Jeweils eine Studie kam aus Japan (Miyakawa et al. 2007), Norwegen (Sygna et al. 2014), Canada (Hé et al. 2019) und Frankreich (Baudin et al. 2018). Schließlich wurde eine länderübergreifende Studie mit Daten aus Großbritannien, den

Niederlanden, Schweden, Italien, Deutschland und Griechenland in das vorliegende systematische Review eingeschlossen (Floud et al. 2011).

Tabelle 9: Studien zu Depression und Verkehrslärm

Studie Metaanalyse (Ja/Nein mit Ausschlussgrund)	Land Design Qualität	Population	Outcome-Messung	Lärm-quelle	Lärm-Maße	Lärmkategorien (dB)	Effektschätzer und Adjustierung
Baudin et al. 2018 Ja	Frankreich Querschnitt- studie -	N=1.244 (M=549, F=695), 18- ≥75 Jahre	GHQ-12 (Gesamt- score, Interview zu- hause)	Flug	L_{DEN} $L_{eq,24h}$ $L_{eq,06-22h}$ L_N	<40, 50-54, 55-59, ≥60 dB	OR Alter, Geschlecht, Geburtsland, be- rufliche Aktivität, Bildung, Famili- enstatus, Rau- chen, Alkoholkon- sum, arbeitsbe- dingter Stress, schwere Lebenser- eignissen, monatli- ches Haushaltsein- kommen, Schlaf- dauer, Einnahme von Antidepres- siva und selbstbe- richtete Angst
Floud et al. 2011 Ja	UK, Nieder- lande, Schweden, Italien, Deutschland, Griechenland Querschnitts- studie -	N=4.861 (M=2.404, F=2.457) 45-70 Jahre (57,9 +/- 7,1)	Einnahme von Anti- depressiva in den letzten 2 Wochen vor dem Interview (selbstberichtet)	Flug Straße	$L_{eq,07-23h}$ oder $L_{eq,06-22h}$ $L_{N,23-07h}$ oder $L_{N,22-06h}$	$L_{Aeq,16h}$ 35-76 dB Startpunkt* $L_{Aeq,16h}$ Fluglärm von 35 dB, Straßenver- kehrslärm von 45 dB L_N 30-70 dB Startpunkt* L_N	OR Alter, Geschlecht, BMI, Rauchen, Al- kohol, Bildung, körperliche Aktivi- tät und Straßen- verkehrslärm (für Fluglärm-Analyse) bzw. Fluglärm (für Straßenverkehrs- lärm-Analyse)

Studie Metaanalyse (Ja/Nein mit Ausschlussgrund)	Land Design Qualität	Population	Outcome-Messung	Lärm-quelle	Lärm-Maße	Lärmkategorien (dB)	Effektschätzer und Adjustierung
						Fluglärm von 30 dB, Straßenverkehrslärm von 45 dB *alle Lärmpegel unterhalb des Startpunktes auf Startpunkt gesetzt	
Generaal et al. 2019a Nein (keine getrennte Betrachtung der Exposition)	Niederlande Fallkontrollstudie -	N=2.980 (M=1.007, F=1.973), 18-65 Jahre	Aktuelle Diagnose depressiver Störungen (Major Depression und Dysthymie) -> CIDI-Interview (DSM-IV-Kriterien)	Flug Straße Schiene -> zusammen betrachtet	L_{DEN}	-	OR Alter, Geschlecht, Bildung und Haushaltseinkommen
Generaal et al. 2019b Nein (keine getrennte Betrachtung der Exposition)	Niederlande gepoolte Analyse (Studien: NEMENSIS-2, NESDA, HELIUS, NTR, HOORN, LASA, NL-SH, Generations ²) -	N=32.487	CIDI-Interview: NEMENSIS-2, NESDA PHQ-9 (≥10): HELIUS HADS-D (≥8): NTR CES-D ≥ 23: HOORN, LASA 4DSQ ≥ 6: NL-SH BDI-II ≥ 20: Generations ²	Flug Straße Schiene -> zusammen betrachtet	L_{DEN}	-	OR Alter, Geschlecht, Bildung und Haushaltseinkommen
Greiser et al. 2010 Nein (Nutzung von Interaktionstermen, alleinige „Haupteffekte“ nicht angegeben)	Deutschland Fallkontrollstudie -	N=511.742 Depression: n=3.136 (M=981, F=2.155)	Krankenkassendaten Depression, ICD-9: 311 (Depressive	Flug	$L_{N,22-06h}$ $L_{eq,06-22h}$ $L_{eq,23-01h}$ $L_{eq,03-05h}$ L_{eq}	L_{eq} ≥ 35 dB Für andere Lärmpegel ≥ 40 dB	HR Alter, nächtlicher Straßenverkehr, nächtlicher Eisen

Studie Metaanalyse (Ja/Nein mit Ausschlussgrund)	Land Design Qualität	Population	Outcome-Messung	Lärm-quelle	Lärm-Maße	Lärmkategorien (dB)	Effektschätzer und Adjustierung
		> 39 Jahre	Störung, anderenorts nicht klassifiziert) /ICD-10: F33 (Major Depression rezidivierend), F34 (Anhaltende affektive Störungen)				bahnverkehr, Vorherrschen lokaler Sozialhilfe; Dichte der Pflegebetten, Interaktionsterm Alter * Fluglärm, Interaktionsdauer Prävalenz lokaler Sozialhilfe * Fluglärm, Finanzierung von Lärmschutzmaßnahmen
Halonen et al. 2013, 2014 Ja	Finnland Querschnittsstudie -	N=15.611 (M=3.086, F=12.525) 21-76 Jahre (50,3)	Psychopharmaka während des Erhebungsjahres (National Prescription Register): Antidepressiva (N06A)	Straße	L_{DEN}	≤45 dB (Referenz) 45,1-50 dB 50,1-55 dB 55,1-60 dB >60 dB	OR Alter, beruflicher Status, Bildungsgrad, Wohnort, Familienstand, berufliche Belastung, chronische Krankheit, sozioökonomischer Status auf Gebietsebene und Bevölkerungsdichte
Hé et al. 2019 Nein (keine getrennte Betrachtung der Exposition)	Kanada -	F=140.456 < 25 Jahre	ICD-9 296.2, 296.3, 300.4, 309.28, 311; ICD-10 F32-F34.1, F41.2 Krankenhausakten	Flug Straße Schiene -> zusammen betrachtet	$L_{Aeq, 24h}$ L_{DEN} L_{Night}	< 55 dB 55.0-59.9 dB 60.0-64.9 dB ≥ 65 dB	HR Alter, Parität, mehrere Schwangerschaften, Totgeburt, Komorbidität, sozioökonomische Benachteiligung, Fußgängerfreundlichkeit der

Studie Metaanalyse (Ja/Nein mit Ausschlussgrund)	Land Design Qualität	Population	Outcome-Messung	Lärm-quelle	Lärm-Maße	Lärmkategorien (dB)	Effektschätzer und Adjustierung
							Wohnumgebung, Zeit
Klompmaker et al. 2019 Ja	Niederlande Querschnitts- studie +	N=354.827 (M=161.045, F=193.782) >18 Jahre	Verschreibung von Antidepressiva (N06A) in 2012 Kessler-Screening Skala für unspezifi- schen Distress (≥30) -> nicht verwendet	Straße Schiene	L_{DEN}	-	IQR Alter, Geschlecht, Familienstand, Herkunftsregion, Bildung, bezahlte Beschäftigung, Haushaltseinkom- men, sozioökono- mischer Status der Nachbarschaft, Rauchen, Grad der Urbanisierung
Leijssen et al. 2019 Ja	Niederlande Querschnitts- studie -	N=23.293 M=9.920, F=13.373 18-70 Jahre	PHQ-9 (Gesamt- score)	Straße	$L_{eq,24h}$	45-54 dB 55-59 dB 60-64 dB 65-69 dB ≥ 70 dB	OR Alter, Geschlecht, ethnischer Ur- sprung, Bildungs- level, Arbeitssta- tus, Familiensta- tus, Haushaltszu- sammensetzung, Neurotizismus, schwere Lebenser- eignisse, Sozialsta- tus, blaue/grüne Wohnanteil und Lebensqualität
Miyakawa et al. 2007 Nein (Kontrolle: kein Lärm)	Japan Querschnitts- studie -	N=188 (M=101, F=87)	GHQ-28 (Gesamt- score)	Flug	L_{DEN}	55-59 dB 59-65 dB	OR Geschlecht, Alter, Beruf, Interaktion

Studie Metaanalyse (Ja/Nein mit Ausschlussgrund)	Land Design Qualität	Population	Outcome-Messung	Lärm-quelle	Lärm-Maße	Lärmkategorien (dB)	Effektschätzer und Adjustierung
							zwischen Ge- schlecht und Alter
Okokon et al. 2018 Ja	Finnland Querschnitts- studie -	N=5.860 (M=2.497, F=3.363), Mittelwert 55,0 Jahre	Einnahme von Anti- depressiva in der letzten Woche, vor 1-4 Wochen, vor 1- 12 Monaten und vor über einem Jahr)	Straße	L_{DEN}	≤45 dB, 45,1–50 dB, 50,1– 55 dB, 55,1–60 dB ≥60 dB (Sensitivitätsana- lyse: 60,1–65 & >65 dB)	OR Alter, Geschlecht, Familienstatus, Ar- beitsstatus, Haus- haltseinkommen, Alkoholkonsum, aktueller Rauchstatus, kör- perliche Aktivität, Tierhaltung ->alle Personen lebten in urbanen Gebieten, keine Adjustierung
Orban et al. 2016 Ja	Deutschland Prospektive Kohorte +	N=3.300 (M=1.715, F=1.585 45 – 74 Jahre	CES-D und Ein- nahme von Antide- pressiva während der letzten Woche	Straße	L_{DEN} $L_{N,22-06h}$	L_{DEN} >55 vs. ≤55 (Refe- renzkat.) dB ≤55 dB >55-≤60 dB >60-≤65 dB >65 dB $L_N >50$ dB	RR Alter, Geschlecht, Bildung, Einkom- men, wirtschaftli- che Aktivität, Nachbarschaft SES und Verkehr + BMI und Rau- chen + Komorbiditäten und Schlaflosigkeit
Schreckenberget al. 2009 Ja	Deutschland Querschnitts- studie -	N=2.311 (M=1.034, F=1.276) < 18 - ≥ 80 Jahre	Täglicher Gebrauch von stimmungsbe- einflussenden Mit- teln, Psychophar- maka	Flug	$L_{eq,06-22h}$ $L_{eq,22-06h}$ $NAT_{55,06-22h}$ $NAT_{55,22-06h}$ $L_{max55,(06-22h)}$	40-45 dB (Refe- renzkat.) 45-50 dB 50-55 dB 55-60 dB	OR Lärmempfindlich- keit, Wohneigen- tum, Wohnzufrie- denheit, Fenster in

Studie Metaanalyse (Ja/Nein mit Ausschlussgrund)	Land Design Qualität	Population	Outcome-Messung	Lärm-quelle	Lärm-Maße	Lärmkategorien (dB)	Effektschätzer und Adjustierung
			in den letzten 12 Monaten		$L_{\max 55, (22-06h)}$	60-65 dB Für $L_{eq, 22-06h}$: <40 dB Referenzkat.	der Nacht ge- schlossen, Alter, Geschlecht, Zeit außerhalb des Hauses, sozialer Status
Seidler et al. 2017 Ja	Deutschland Fallkontrollstu- die +	N=1.026.670 (77.295 Fälle, 578.246 Kon- trollperso- nen) ≥ 40 Jahre	Krankenkassenda- ten (ICD-10): de- pressive Episode (F32,-), Dysthymie (F34.1), rezidivie- rende depressive Störung (F33,-), Angst und depres- sive Störung ge- mischt (F41.2)	Flug Straße Schiene	$L_{eq, 24h}$ $L_{N, 22-06 h}$ (und wei- tere Nachtschei- ben) NAT-6 (nur Flug- lärm)	<40, max <50 dB (Referenzkat.) <40, max ≥50 dB ≥40<45 dB ≥50<55 dB ≥55<60 dB ≥60<65 dB ≥65<70 dB ≥70 ($L_N \geq 60$) dB Startpunkt für kontinuierliche Analyse: 35 dB (alle Werte unter- halb von 40 dB auf 35 dB gesetzt)	OR Alter, Geschlecht, städtisches Leben- sumfeld, lokaler Anteil der Perso- nen, die Arbeitslo- sengeld erhalten, als Indikator für SES und falls ver- fügbar Ausbildung, Be- rufsbezeichnung
Stansfeld et al. 1993, 1996 Ja (nur GHQ-Cut-off)	UK Longitudinale Studie + Querschnitts- studie -	N=2.398 (nur Männer) 50-64 Jahre	GHQ-30 (Gesamt- score, Subskala De- pression) (validiert gegen psychiatrisches In- terview in einer Teilstichprobe)	Straße	$L_{eq, 06-22h}$	51-55 dB 56-60 dB 61-65 dB 66-70 dB Keine Angabe zu Lärmpegeln unter- halb von 51 dB	Mittelwert/Pro- zent Alter, Sozialstatus, Beschäftigungssta- tus, Lärmempfind- lichkeit (Angst/De- pression zu Beginn der Studie) und Familienstand und körperliche Ge- sundheit (GHQ)

Studie Metaanalyse (Ja/Nein mit Ausschlussgrund)	Land Design Qualität	Population	Outcome-Messung	Lärm-quelle	Lärm-Maße	Lärmkategorien (dB)	Effektschätzer und Adjustierung
Stansfeld et al. 2009b Nein (Lärm über 3h 15 min. gemessen)	UK Longitudinale Studie -	N=387 (Häu- ser)	CIS-R GHQ 28 (Gesamt- score)	Straße	$L_{eq,10-17h}$ L_{10}	-	Mittelwert-/Pro- zentangaben -
Sygna et al. 2014 Ja	Norwegen Querschnitts- studie -	N=2.898 (M=1.442, F=1.456) 18- >78 Jahre	HSCL-25	Straße	L_{DEN}	- Kein Startpunkt angegeben (in der Grafik werden Lärmwirkungen auch für L_{DEN} - Werte unter 30 dB modelliert)	OR Geschlecht, Alter, Bildung, Beschäfti- gung, Lärmemp- findlichkeit und somatische Krank- heiten
Tzivian et al. 2018 Ja	Deutschland Quer- schnittsana- lyse (einer Ko- hortenstudie) +	N=2.050 50-80 Jahre	CES-D	Straße	L_{DEN}	Dichotomisiert mit Cutpoint 60 dB (L_{DEN}) und 55 dB (L_N) Zusätzlich: <45 dB (Referenz- kat.) ≥45-<55 dB ≥55-<65dB ≥65-<75dB ≥75 Kontinuierlich (Startpunkt offen- sichtlich 0 dB)	OR Alter, Geschlecht, SES (Bildung), Al- koholkonsum, Rauchstatus, selbst angegebene Passivrauch-Expo- sition, regelmä- ßige körperliche Aktivität, BMI, Luftschadstoffe
Van Kamp et al. 2007 Ja	Niederlande Longitudinale Studie/ Querschnitts- studie	Basiserhe- bung: n=5.873, Follow-up: n=2.671 + 3.420)	GHQ-12 (Depres- sion) Einnahme von Anti- depressiva in den letzten 2 Wochen	Flug	L_{DEN} L_N	- Kein Startpunkt angegeben	OR Geschlecht, Alter, ethnische Zugehö- rigkeit, sozioöko- nomischer Status, Rauchen, Alkohol,

Studie Metaanalyse (Ja/Nein mit Ausschlussgrund)	Land Design Qualität	Population	Outcome-Messung	Lärm-quelle	Lärm-Maße	Lärmkategorien (dB)	Effektschätzer und Adjustierung
	-	Zusätzlicher Panel: n=600					BMI, Haushalts- größe, Urbanisie- rungsgrad
Zock et al. 2018 Ja	Niederlande Querschnitts- studie +	N=4.450 (M=2.184, F=2.266) 0- >65 Jahre	ICPC Code P03 = Depressives Gefühl, P76 = De- pressive Störung	Straße Schiene	L_{DEN}	-	OR Geschlecht, Alter, Haushaltseinkom- men, sozio-ökono- mischer Status

2.3.2.1 Straßenverkehrslärm

Der Zusammenhang zwischen Straßenverkehrslärm-Exposition und Depression wurde in 12 Studien untersucht.

Seidler et al. (2017) fanden auf der Grundlage der kontinuierlichen 24 Stunden-Dauerschallpegel eine statistisch signifikante lineare Expositions-Risiko-Beziehung. In der höchsten Pegelklasse der kategorisierten Auswertung (24 Stunden-Dauerschallpegel von 70 dB oder mehr) fand sich ein Risikoschätzer von 1,17 (95% KI 1,10-1,25). Ähnliche, leicht geringere Risikoschätzer waren auch für den nächtlichen Straßenverkehrslärm zu beobachten. Auch Orban et al. (2016) fanden erhöhte Risikoschätzer bei 24h-Dauerschallpegeln in der zweithöchsten Expositions-kategorie zwischen 60-65 dB (RR 1,52; 95% 1,11-2,07), allerdings sanken die Risikoschätzer wieder in der höchsten Expositions-kategorie >65 dB und verloren ihre statistische Signifikanz. Leijssen et al. (2019) fanden signifikant erhöhte Risikoschätzer für eine depressive Verstimmung bei einer Straßenverkehrslärmexposition mit einem 24 Stunden-Dauerschallpegel von über 70 dB von 1,65 (95% KI 1,10-2,48). Die Autoren fanden zudem einen negativen Zusammenhang zwischen einer depressiven Verstimmung und Straßenverkehrslärmpegeln von 60-64 dB (OR=0,82; 95% KI 0,70-0,97). Auch Zock et al. 2018 fanden (statistisch nicht signifikante) erhöhte Risikoschätzer für den Zusammenhang zwischen Straßenverkehrslärmexposition und Depression (OR=1,17; 95% KI 0,72-1,91).

Klompaker et al. 2019, Okokon et al. 2018, Stansfeld et al. (1993, 1996, 2009), Sygna et al. (2014), und Tzivian et al. (2018) fanden nur wenige Hinweise auf ein erhöhtes Erkrankungsrisiko bei hoher Straßenverkehrslärm-Exposition. Es war kein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen der Exposition gegenüber Straßenverkehrslärm und der Einnahme von Antidepressiva zu beobachten (Floud et al. 2011, Halonen et al. 2013, 2014, Klompaker et al. 2019).

In die Metaanalyse konnten 11 Studien eingeschlossen werden (Abbildung 4). Eine Studie wurde ausgeschlossen, weil die Erfassung der Lärmexposition nur für einen Zeitraum von etwa drei Tagesstunden erfolgte (Stansfeld et al. 2009b).

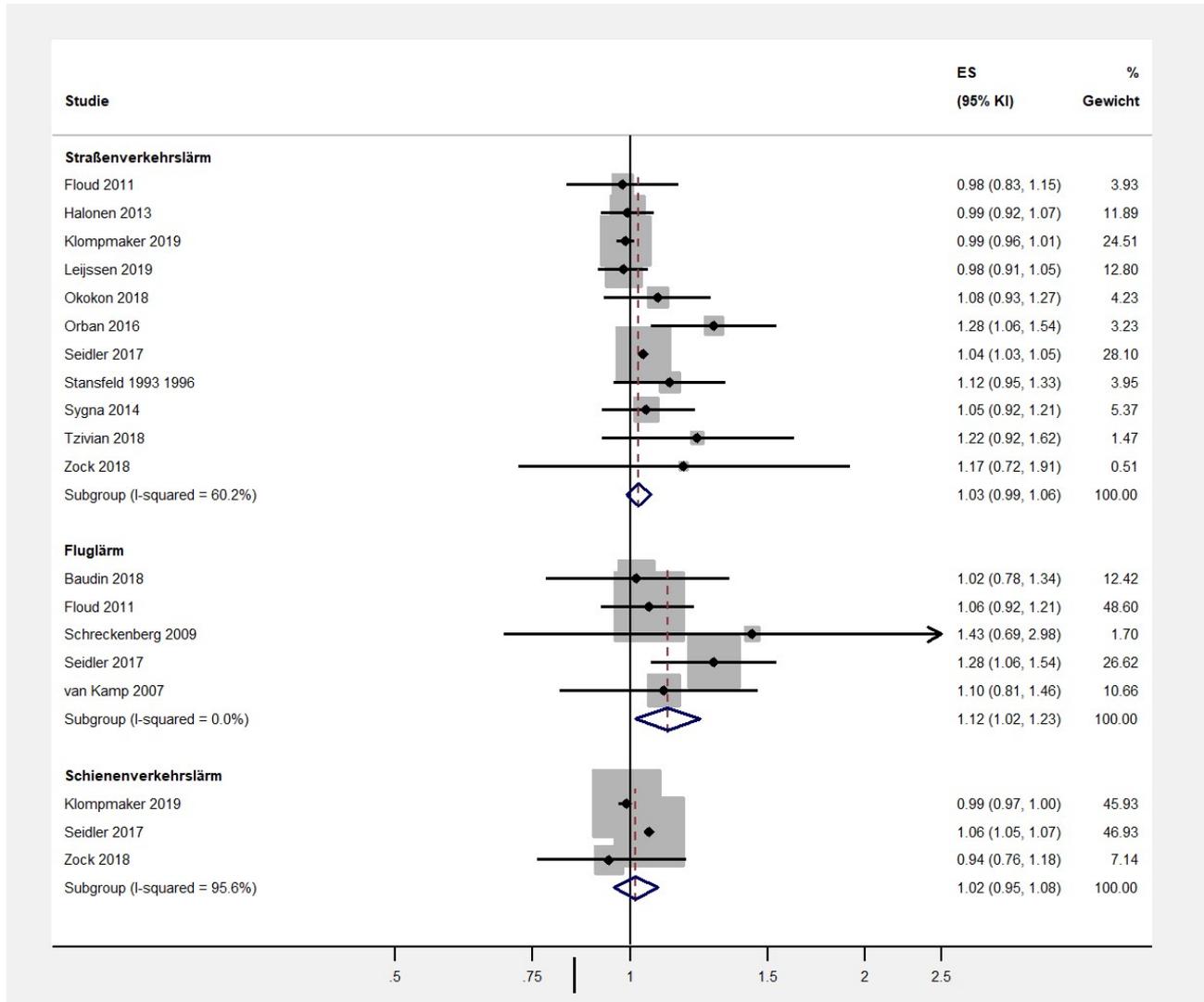
Die in Abbildung 4 angegebenen Risikoschätzer der Einzelstudien (pro 10 dB L_{DEN}) entsprechen nicht immer den publizierten linearen Risikoschätzern der jeweiligen Studie. Hintergrund ist, dass die Ergebnisse aller Einzelstudien auf das einheitliche Lärmmaß L_{DEN} umgerechnet wurden. Weiterhin wurde in der Metaanalyse nicht einfach die Steigungen der Expositions-Risiko-Kurven der Einzelstudien verwendet, sondern es wurden vielmehr die verwendeten linearen Risikoschätzer zunächst dazu „gezwungen“, bei einer „Nullbelastung“ (entsprechend dem Startpunkt der einbezogenen Studien) auch ein „Nullrisiko“ (Risikoschätzer von 1,0) darzustellen. Insofern ist es möglich, dass in den einbezogenen Einzelstudien (i.d.R. geringfügig) andere Risikoschätzer publiziert wurden.

Im Gesamtergebnis der Metaanalyse steigt das Depressionsrisiko pro 10 dB Anstieg des Dauerschallpegels für Straßenverkehrslärm (L_{DEN}) um 3% (ES=1,03; 95% KI 0,99-1,06) an. Die Ergebnisse sind in Abbildung 4 dargestellt. In diesem systematischen Review konnte generell keine methodisch sehr hochwertigen Studien („+-Studien“) eingeschlossen werden. Werden nur die qualitativ akzeptablen Studien (+-Studien) in die Metaanalyse einbezogen, so zeigt sich weiterhin eine nicht statistisch signifikante 4%-ige Risikoerhöhung für eine Depression pro 10 dB Straßenverkehrslärm (gepoolter Risikoschätzer: ES=1,04; 95% KI 0,99-1,10 pro 10 dB Pegelanstieg siehe Abbildung 5). Bei ausschließlicher Betrachtung von Studien geringerer Qualität („-Studien“) finden sich keine erhöhten Depressionsrisiken mehr (gepoolter Risikoschätzer ES=1,00; 95% KI 0,96-1,05 pro 10 dB Pegelanstieg).

Im Rahmen der „Leave-one-out-Analyse“ wurde jeweils eine Studie bei der Metaanalyse weggelassen (Tabelle 10). Der Ausschluss größerer und somit stärker gewichteter Studien (Seidler et al. 2017, Klompaker 2019) aus der Metaanalyse kann grundsätzlich zu einer besonders großen Veränderung der Schätzer führen. Wird die Studie von Seidler et al. 2017 aus der Analyse ausgeschlossen, verringert sich der Risikoschätzer auf ES=1,02 (95% KI 0,98-1,07 pro 10 dB Pegelanstieg). Hingegen ergibt sich

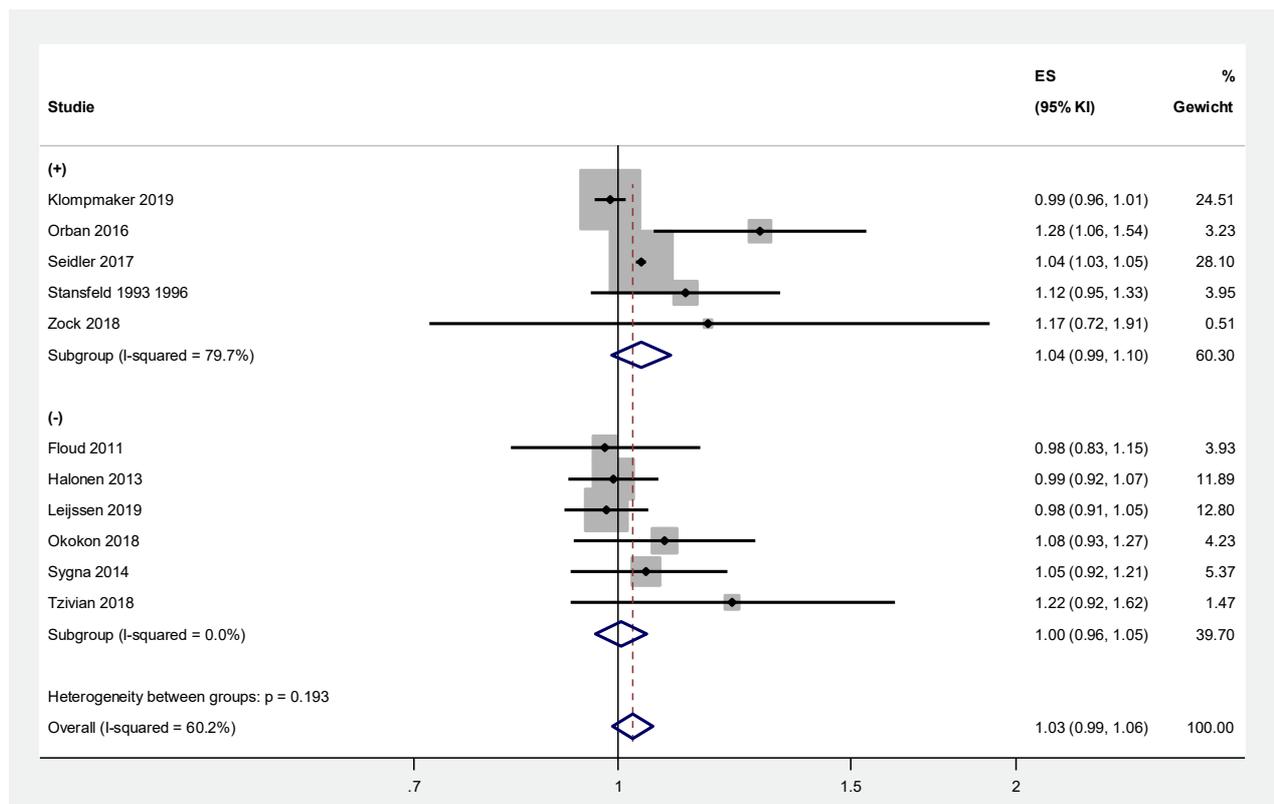
ein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen dem Depressionsrisiko und der Straßenverkehrslärmexposition, wenn Klompmaker et al. 2019 von der Analyse ausgeschlossen wird. Das Risiko für eine Depression erhöht sich um 4% (95% KI 3%-7%) pro 10 dB Pegelanstieg für Straßenverkehrslärm. Die Ergebnisse sind in Abbildung 5 dargestellt.

Abbildung 4: Metaanalyse Depression für Straßenverkehrslärm, Schienenverkehrslärm und Fluglärm



Quelle: eigene Darstellung, Institut für Arbeits- und Sozialmedizin, TU Dresden

Abbildung 5: Sensitivitätsanalyse Depression und Straßenverkehrslärm (Studienqualität)



Quelle: eigene Darstellung, Institut für Arbeits- und Sozialmedizin, TU Dresden

Tabelle 10: „Leave-one-out-Analyse“ zum Zusammenhang zwischen Depression und Straßenverkehrslärm

Aus der Metaanalyse ausgeschlossene Studie:	Gepoolter Risikoschätzer	95% Konfidenzintervall
Floud 2011	1,03	0,99-1,07
Halonen 2013	1,03	0,99-1,07
Klompmaker 2019	1,04	1,00-1,07
Leijssen 2019	1,03	0,99-1,07
Okokon 2018	1,02	0,99-1,06
Orban 2016	1,02	0,98-1,05
Seidler 2017	1,02	0,98-1,07

Aus der Metaanalyse ausgeschlossene Studie:	Gepoolter Risikoschätzer	95% Konfidenzintervall
Stansfeld 1993, 1996	1,02	0,99-1,06
Sygnna 2014	1,03	0,99-1,06
Tzivian 2018	1,02	0,99-1,06
Zock 2018	1,03	0,99-1,06

2.3.2.2 Fluglärm

Insgesamt wurden 7 Studien für die Übersichtsarbeit identifiziert, die die Auswirkung von Fluglärm auf Depression untersuchten.

Die meisten Studien konnten keinen signifikanten Zusammenhang der Fluglärm-Exposition mit der Einnahme von Antidepressiva bzw. stimmungsbeeinflussenden Mitteln (Floud et al. 2011, Schreckenberg et al. 2009, van Kamp et al. 2007) und mit durch Fragebögen erhobenen depressiven Symptomen (GHQ: Miyakawa et al. 2007, van Kamp et al. 2007, Baudin et al. 2018) aufzeigen.

Zwei sekundärdatenbasierte Studien fanden in Abhängigkeit von der Fluglärm-Exposition erhöhte Risiken, sich wegen einer Depression behandeln zu lassen: Greiser et al. (2009) fanden erhöhte Risikoschätzer für Frauen bei nächtlichem Fluglärm. Seidler et al. (2017) beobachtete ein signifikant erhöhtes Depressionsrisiko bereits bei 24h-Dauerschallpegeln zwischen 40 und 45 dB; mit ansteigenden Fluglärmpegeln nahm das Depressionsrisiko um bis zu 23% (OR=1,23; 95% KI 1,19–1,28) zu, um bei weiter ansteigenden Fluglärmpegeln im Sinne einer umgekehrten „U-Kurve“ wieder abzunehmen.

In die Metaanalyse konnten 5 Studien eingeschlossen werden. Die Studie von Greiser et al. (2009) konnte nicht in die Analyse einbezogen werden, da die Expositions-Risiko-Beziehung zwischen Fluglärm und Depressionen den veröffentlichten Ergebnissen nicht zu entnehmen war; tatsächlich war in allen veröffentlichten Modellen Fluglärm zusätzlich zum Hauptterm auch in Interaktionstermen enthalten. Des Weiteren konnte Miyakawa et al. (2007) nicht in die Metaanalyse eingeschlossen werden, weil keine Angaben zur Lärmexposition der Kontrollgruppe vorhanden waren.

Im Ergebnis der Metaanalyse (siehe Abbildung 6) fand sich ein Anstieg des Depressionsrisikos – abgebildet durch die ärztliche Behandlung einer Depression bzw. die Einnahme von Antidepressiva – um 12% pro 10 dB Anstieg des Dauerschallpegels für Fluglärm (L_{DEN}) (gepoolter Risikoschätzer 1,12; 95% KI 1,02-1,23).

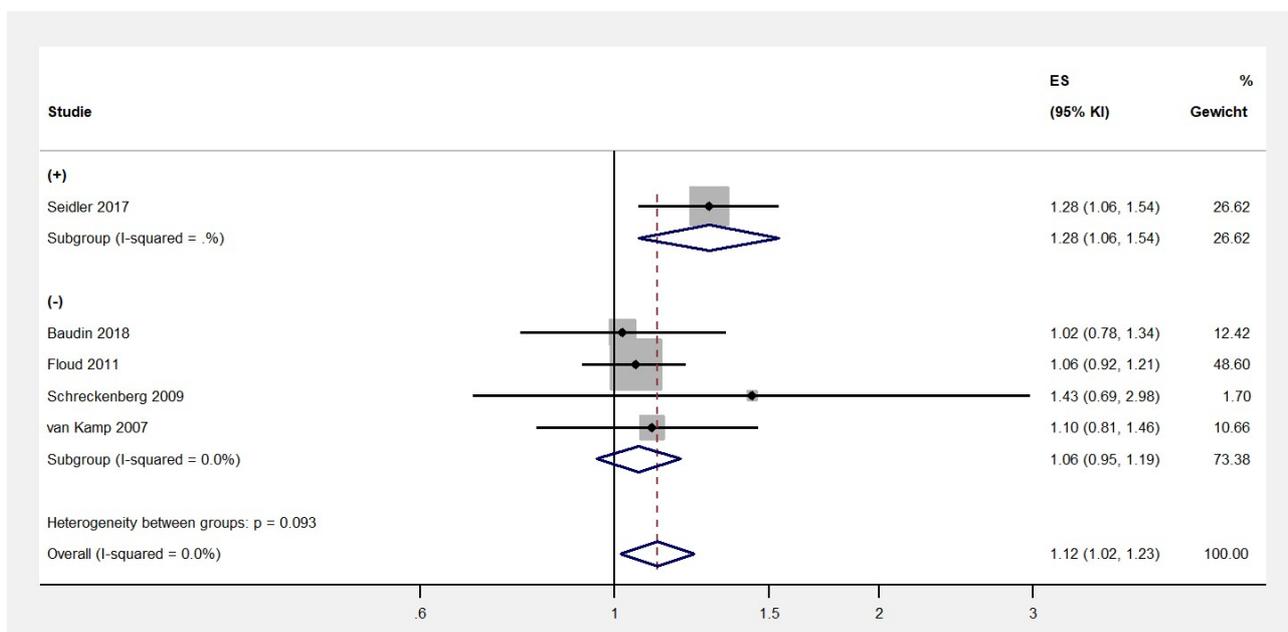
Lediglich eine Studie wurde in der Qualitätsbewertung mit akzeptabel (+) beurteilt (Seidler et al. 2017). Wurden nur Studien von geringerer Qualität in die Metaanalyse einbezogen (siehe Abbildung 6) dann verringerte sich der gepoolte Risikoschätzer auf 1,06 (95% KI 0,95-1,19) und verliert seine statistische Signifikanz. Der vorgenannte Risikoschätzer ergab sich auch in der „Leave-out-Analyse“ beim Ausschluss von Seidler et al. (2017) (siehe Tabelle 11). Wurde jeweils eine der anderen Studien aus der Metaanalyse ausgeschlossen, dann blieb es bei dem etwa 14%-igen Risikoanstieg. Diese geringe Änderung des gepoolten Risikoschätzers in den Leave-one-out-Analysen ist auf das hohe Gewicht der Studie von Seidler et al. 2017 aufgrund der hohen Fallzahlen in der Metaanalyse zurückzuführen.

Bereits an dieser Stelle soll darauf hingewiesen werden, dass in der Studie von Seidler et al. 2017 der – tatsächlich umgekehrt U-förmige – Risikoanstieg durch eine lineare Funktion nicht optimal angepasst wird. Dies könnte zumindest teilweise erklären, warum im Abschlussbericht der NORAH-Fallkontrollstudie ein etwa 9%-iger Anstieg berichtet wird (Seidler et al. 2016a, S. 215), in dieser Metaanalyse allerdings von einem 28%-igen Risikoanstieg pro 10 dB Pegelanstieg ausgegangen wurde: Der mit der

umgekehrt U-förmigen Funktion verbundene Schnittpunkt der Risikokurve mit dem Startpunkt („Null-exposition“) liegt oberhalb des „Nullrisikos“. Wenn in die Metaanalyse alle Risikokurven dazu „gezwungen“ wurden, bei einer „Nullexposition“ auch ein „Nullrisiko“ aufzuweisen, dann erhöhte sich dadurch auch der Risikoanstieg. Diese methodenabhängigen Unterschiede in dem ermittelten Risikoanstieg machen deutlich, dass die derzeitige, in diesem systematischen Review abgebildete Studienlage noch deutliche Unsicherheiten aufweist.

Wie im Methodenteil beschrieben, gingen die Studien von Schreckenberget al. (2009) und Floud et al. (2011) mit den in L_{DEN} -Pegel umgewandelten Tageslärmpegeln ($L_{eq,6-22h}$) in die Hauptanalyse ein. In einer zusätzlichen Sensitivitätsanalyse (siehe Abbildung 7) wurden für diese beiden Studien stattdessen die in L_{DEN} -Pegel umgewandelten nächtlichen Fluglärmpegel (L_N) in die Metaanalyse einbezogen. Im Ergebnis stieg die Heterogenität dieser Metaanalyse deutlich an; dies lässt sich als Bestätigung des Vorgehens in der Hauptanalyse werten. Die Risikoschätzer verringerten sich auf eine lediglich 4%-ige Risikosteigerung pro 10 dB Anstieg des Dauerschallpegels für Fluglärm (L_{DEN}) und verloren ihre statistische Signifikanz (gepoolter Risikoschätzer = 1,04; 95% KI 0,92-1,17).

Abbildung 6: Sensitivitätsanalyse Depression und Fluglärm (Studienqualität)

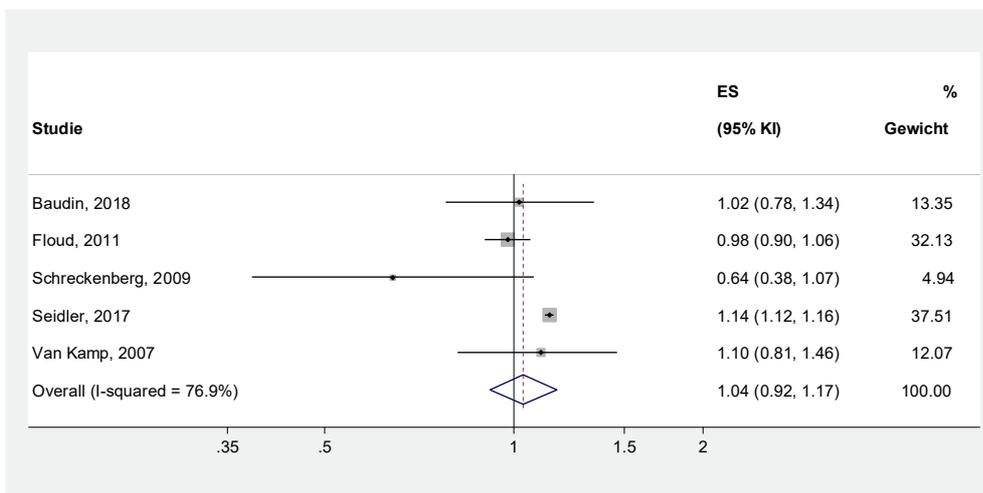


Quelle: eigene Darstellung, Institut für Arbeits- und Sozialmedizin, TU Dresden

Tabelle 11: „Leave-one-out-Analyse“ zum Zusammenhang zwischen Depression und Fluglärm

Aus der Metaanalyse ausgeschlossene Studie:	Gepoolter Risikoschätzer	95% Konfidenzintervall
Baudin et al. 2018	1,14	1,12-1,15
Floud et al. 2011	1,14	1,12-1,16
Schreckenberget al. 2009	1,14	1,12-1,15
Seidler et al. 2017	1,06	0,95-1,19

Abbildung 7: Sensitivitätsanalyse Depression und Fluglärm (Umwandlung L_{Night} in L_{DEN})



Quelle: eigene Darstellung, Institut für Arbeits- und Sozialmedizin, TU Dresden

2.3.2.3 Schienenverkehrslärm

Drei Studien untersuchten die Auswirkung von Schienenverkehrslärm auf die Entstehung einer Depression (Klompaker et al. 2019, Seidler et al. 2017, Zock et al. 2018). Seidler et al. 2017 fanden ein grenzwertig signifikant erhöhtes Depressionsrisiko bereits bei 24 Stunden-Dauerschallpegeln zwischen 40 und 45 dB; mit ansteigenden Schienenverkehrslärmpegeln nahm das Depressionsrisiko um bis zu 15% bei einem 24 Stunden-Dauerschallpegel von 60 bis 65 dB zu (OR=1,15; 95% KI 1,08-1,22), um bei weiter ansteigenden Lärmpegeln im Sinne einer umgekehrten „U-Kurve“ wieder abzunehmen. Im linearen Modell erhöhte sich das Depressionsrisiko pro 10 dB Pegelanstieg für Schienenverkehrslärm um 6% (Risikoschätzer=1,06; 95 KI 1,04-1,08; siehe Abb. 4). Sowohl Zock et al. (2018) als auch

Klompmaker et al (2019) fanden nur wenig Hinweise für einen Zusammenhang zwischen Schienenverkehrs-lärm und dem Risiko einer Depression (Zock et al. (2018): OR=0,94 (95% KI 0,76-1,18), Klompmaker et al. (2019): IQR=0,99 (95% KI 0,97-1,00)).

Es wurden alle drei Studien in die Metaanalyse eingeschlossen. Insgesamt ergab sich eine leichte, statistisch nicht signifikante Risikoerhöhung von 2% (ES=1,02, 95% KI 0,95-1,08 pro 10 dB Pegelanstieg). Alle drei Studien zum Zusammenhang zwischen Schienenverkehrs-lärm und dem Depressionsrisiko waren von akzeptabler (+) Qualität.

2.3.2.4 Alle Verkehrslärmquellen

Generaal et al. (2019a) untersuchten den Einfluss von Verkehrslärm auf das Risiko einer depressiven Störung und betrachteten dabei alle Verkehrslärmquellen (Straßenverkehrs-lärm, Schienenverkehrs-lärm und Fluglärm) zusammen. Hier zeigte sich ein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Risiko einer depressiven Störung und der Verkehrslärmexposition (OR=1,17; 95% KI 1,03-1,32). In einer gepoolten Analyse von acht niederländischen Studien wurde eine geringere Risikoerhöhung für eine Depression durch Verkehrslärm gefunden (OR=1,05, 95% KI 0,96-1,15, Generaal et al. 2019b).

Hé und Kollegen (2019) untersuchten das Risiko für eine Depression nach der Geburt sowie im weiteren Lebensverlauf in Zusammenhang mit Verkehrslärmexposition. Dafür wurden drei verschiedene akustische Kenngrößen betrachtet ($L_{Aeq,24h}$, L_{DEN} und L_{Night}). Im Ergebnis zeigte sich insbesondere ein Zusammenhang zwischen Verkehrslärmbelastung in der Nacht und dem Risiko für eine Depression (HR=1,32; 95% KI 1,08-1,63).

2.3.3 Angststörungen

Für die Übersichtsarbeit wurden 11 Studien (n=13 Publikationen) identifiziert, die die Auswirkung von Verkehrslärm auf Angst bzw. Angststörungen untersuchten. Informationen zu den Studien finden sich in Tabelle 12 und im Anhang 2.

Drei Studien erfassten Angststörungen mittels validierter Fragebögen: Jonah et al. (1981) und Nivison & Endresden (1993) nutzten das *State-Trait-Angstinventar* (STAI), und Stansfeld et al. (1993, 1996) setzten die Angst-Subskala des GHQ-30 ein. Eine Studie erfasste Angststörungen durch das CIDI nach DSM-IV-Kriterien (Generaal et al. 2019). Fünf Studien bildeten Angststörungen durch die Einnahme von Medikationen ab: Floud et al. (2011), Halonen et al. (2013, 2014), Klompmaker et al. (2019) und Okokon et al. 2018 betrachteten die Einnahme von Anxiolytika in den letzten zwei Wochen bzw. im Erhebungsjahr; Bocquier et al. (2014) analysierten die zusammengefasste Anzahl der erworbenen Anxiolytika, Benzodiazepin-Derivate und Benzodiazepin-verwandten Arzneimittel während eines Jahres. Eine Studie wurde mittels Sekundärdaten durchgeführt und bezog Abrechnungsdaten von Krankenkassen mit ICD-9- bzw. ICD-10-Diagnosen ein (Greiser et al. 2010). Zock et al. nutzen ICPC-Daten (Klassifizierung für die Primärversorgung), die innerhalb eines Jahres erhoben wurden.

In fast allen Studien bestand die Studienpopulation aus Männern und Frauen; nur eine Studie bezog lediglich Männer ein (Stansfeld et al. 1993, 1996). Die meisten Studien bezogen auch jüngere Erwachsene ein (Bocquier et al. 2014, Halonen et al. 2013, 2014, Nivison & Endresen 1993, Schreckenberger et al. 2009, Generaal et al. 2019, Okokon et al. 2018). Drei Studien führten Untersuchungen lediglich an Erwachsenen mittleren Alters und an älteren Personen durch (Floud et al. 2011, Greiser et al. 2010, Stansfeld et al. 1996). Eine Studie machte keine Angaben zum Alter (Jonah et al. 1981).

Zwei Studien wurden in Deutschland (Greiser et al. 2010, Schreckenberger et al. 2009) und Finnland (Halonen et al. 2013, 2014, Okokon et al. 2018) durchgeführt. Jeweils eine Studie kam aus Kanada, Frankreich, den Niederlanden, Norwegen und Großbritannien. Eine länderübergreifende Studie mit

Daten aus Großbritannien, Schweden, Italien, Deutschland und Griechenland wurde eingeschlossen (Floud et al. 2011).

Generaal et al. (2019) untersuchten den Einfluss von Straßenverkehrslärm, Schienenverkehrslärm und Fluglärm gemeinsam auf das Risiko einer Angststörung.

Tabelle 12: Studien zu Angststörungen und Verkehrslärm

Studie Metaanalyse (Ja/Nein mit Ausschlussgrund)	Land Design Qualität	Population	Outcome-Messung	Lärm- quelle	Lärm-Maße	Lärmkategorien (dB)	Effektschätzer und Adjustierung
Bocquier et al. 2014 Ja	Frankreich Retrospektive Kohortenstudie -	N=190.617 (M=87.975, F=102.642) 18 – 64 Jahre (41,5 ± 12,5)	Rezepte Anzahl an erworbenen Anxiolytika (N05B), Benzodiazepin-Derivaten. (N05CD), Benzodiazepin- verwandten Arzneimitteln (N05CF)	Straße	$L_{N,22-06h}$	< 45 dB (Referenz- kat.) 45-50 dB 50-55 dB ≥ 55 dB	RR Alter bei Aufnahme, Geschlecht, chronische somatische Erkrankung, schwere psychiatrische Störung, CMUC als Maßstab für niedriges Einkommen, Anzahl Hausarztkonsultationen in 2008-9, Arztcharakteristika und Klientel, Dichte von Hausärzten und Psychiatern, Anzahl von Beschwerden durch andere Lärmquellen
Floud et al. 2011 Ja	UK, Niederlande, Schweden, Italien, Deutschland, Griechenland Querschnittsstudie -	N=4.861 (M=2.404, F=2.457) 45-70 Jahre (57,9 +/- 7,1)	Einnahme von Anxiolytika in den letzten 2 Wochen vor dem Interview (selbst-berichtet)	Flug Straße	$L_{eq,07-23h}$ oder $L_{eq,06-22h}$ $L_{N,23-07h}$ oder $L_{N,22-06h}$	$L_{Aeq, 16h}$ 35-76 dB Startpunkt* $L_{Aeq, 16h}$ Fluglärm von 35 dB, Straßenverkehrslärm von 45 dB L_N 30-70 dB Startpunkt* $L_{N, 16h}$ Fluglärm von 30 dB, Straßenverkehrslärm von 45 dB	OR Alter, Geschlecht, BMI, Rauchen, Alkohol, Bildung, körperliche Aktivität und Straßenverkehrslärm (für Fluglärm-Analyse) bzw. Fluglärm (für Straßenverkehrslärm-Analyse)

Studie Metaanalyse (Ja/Nein mit Ausschlussgrund)	Land Design Qualität	Population	Outcome-Messung	Lärm- quelle	Lärm-Maße	Lärmkategorien (dB)	Effektschätzer und Adjustierung
						*alle Lärmpegel un- terhalb des Start- punktes auf Start- punkt gesetzt	
Generaal et al. 2019 Nein (keine getrennte Be- trachtung der Exposition)	Niederlande Fallkontrollstudie -	N=2.980 (M=1.007, F=1.973), 18-65 Jahre	Angststörung (Panikstö- rung, Agrophobie, gene- ralisierte Angststörung, soziale Phobie) -> CIDI- Interview (DSM-IV-Krite- rien)	Flug Straße Schiene zusammen betrachtet	L_{DEN}	-	OR Alter, Geschlecht, Bil- dung und Haushaltsein- kommen
Greiser et al. 2010 Nein (Nutzung von Inter- aktionstermen)	Deutschland Fallkontrollstudie -	N=511.742 Depression: n=3.136 (M=981, F=2,155) > 39 Jahre	Krankenkassendaten (ICD-9/10) ICD-9: 300 (Angst-, dis- soziative und somato- forme Störungen) / ICD-10: F40 (phobische Angststörungen), F41 (andere Angststörungen)	Flug	$L_{N,22-06h}$ $L_{eq,06-22h}$ $L_{eq,23-01h}$ $L_{eq,03-05h}$ L_{eq}	L_{eq} ≥ 35 dB Others ≥ 40 dB	HR Alter, nächtlicher Stra- ßenverkehr, nächtlicher Eisenbahnverkehr, Vor- herrschen lokaler Sozi- alhilfe; Dichte der Pfl- gebetten, Interaktions- term Alter * Fluglärm, Interaktionsdauer Prä- valenz lokaler Sozial- hilfe * Fluglärm, Finan- zierung von Lärm- schutzmaßnahmen
Halonen et al. 2013, 2014 Ja	Finnland Querschnitts- studie -	N=15.611 (M=3.086, F=12.525) 21-76 Jahre (50,3)	Psychopharmaka wäh- rend des Erhebungsjah- res (National Prescrip- tion Register): Anxioly- tika (N05B)	Straße	L_{DEN}	≤45 dB (Referenz- kat.) 45,1-50 dB 50,1-55 dB 55,1-60 dB >60 dB	OR Alter, beruflicher Sta- tus, Bildungsgrad, Woh- nort, Familienstand, be- rufliche Belastung, chronische Krankheit, sozioökonomischer Sta- tus auf Gebietsebene, Bevölkerungsdichte

Studie Metaanalyse (Ja/Nein mit Ausschlussgrund)	Land Design Qualität	Population	Outcome-Messung	Lärm- quelle	Lärm-Maße	Lärmkategorien (dB)	Effektschätzer und Adjustierung
Jonah et al. 1981 Nein (kontinuierlicher Endpunkt)	Canada Querschnitts- studie -	N=1.150 Erwachsene	State-Trait-Angstinven- tar	Straße	$L_{eq,24h}$	45-75 dB	Korrelationskoeffizient
Klompmaker et al. (2019) Ja	Niederlande Querschnitts- studie +	N=354.827 (M=161.045, F=193.782) ≥ 19 Jahre	Einnahme von Anxioly- tika (N05B)	Straße Schiene	L_{DEN}	-	IQR Alter, Geschlecht, Fami- lienstand, Herkunftsre- gion, Bildung, bezahlte Beschäftigung, Haus- haltseinkommen, sozio- ökonomischer Status der Nachbarschaft, Rauchen, Grad der Ur- banisierung
Nivison & Endresen 1993 Nein (nur signifikante Kor- relationskoeffizienten)	Norwegen Querschnitts- studie -	N=82 (M=35, F=47) Erwachsene 19-78 Jahre	State-Trait-Angstinven- tar	Straße	$L_{eq,24h}$ L_{max}	-	Korrelationskoeffizient Alter
Okokon et al. 2018 Ja	Finnland Querschnitts- studie -	N=5.860 (M=2.497, F=3.363), 55,0 Jahre	Einnahme von Anxioly- tika in der letzten Wo- che, vor 1-4 Wochen, vor 1-12 Monaten und vor über einem Jahr)	Straße	L_{DEN}	≤45 dB, 45,1–50 dB, 50,1–55 dB, 55,1–60 dB ≥60 dB (sensitivity analysis: 60,1–65 dB and>65 dB)	OR Alter, Geschlecht, Fami- lienstatus, Arbeitssta- tus, Haushaltseinkom- men, Alkoholkonsum, aktueller Rauchstatus, körperliche Aktivität, Tierhaltung ->alle Per- sonen lebten in urba- nen Gebieten, keine Adjustierung

Studie Metaanalyse (Ja/Nein mit Ausschlussgrund)	Land Design Qualität	Population	Outcome-Messung	Lärm- quelle	Lärm-Maße	Lärmkategorien (dB)	Effektschätzer und Adjustierung
Stansfeld et al 1993, 1996 Nein (Angabe Mittel- werte)	UK Longitudinal- studie + Querschnitts- studie: -	N=2.398 (nur Män- ner) 50-64 Jahre	GHQ-30 (Subskala Angst) (validiert gegen psychi- atrisches Interview in ei- ner Teilstichprobe)	Straße	$L_{eq,06-22h}$	51-55 dB 56-60 dB 61-65 dB 66-70 dB Keine Angabe zu Lärmpegeln unter- halb von 51 dB	Mittelwert/ Prozent Alter, Sozialstatus, Be- schäftigungsstatus, Lärmempfindlichkeit (Angst/Depression zu Beginn der Studie) und Familienstand und kör- perliche Gesundheit (GHQ)
Zock et al. 2018 Ja	Niederlande Querschnitts- studie +	N=4.450 (M=2.184, F=2.266) 0- >65 Jahre	ICPC Code P01 = Gefühl Angst/Un- ruhe/Spannung P74 = <i>Angststörung</i> /Be- klemmungszustand	Straße Schiene	L_{DEN}	-	OR Geschlecht, Alter, Haus- haltseinkommen, sozio- ökonomischer Status

2.3.3.1 Straßenverkehrslärm

Der Einfluss von Straßenverkehrslärm auf das Auftreten von Angst bzw. Angststörungen wurde von 9 einbezogenen Studien untersucht. Bocquier et al. (2014) fanden ein statistisch signifikant erhöhtes Risiko für die Einnahme von Anxiolytika, Benzodiazepin-Derivaten und Benzodiazepin-verwandten Arzneimitteln bei Personen mit einem höheren Sozialstatus ab einer nächtlichen Straßenverkehrslärm-Exposition von 55 dB (RR 1,16; 95% KI 1,01-1,32). Klompaker et al (2019) fanden einen statistisch signifikanten Zusammenhang der Einnahme von Anxiolytika mit der Straßenverkehrslärmexposition (OR = 1,07; 95% KI 1,03-1,11 pro 7,5 dB bzw. nach Vereinheitlichung auf 10 dB: OR = 1,09; 95% KI 1,04-1,15). Keinen statistisch signifikanten Zusammenhang zwischen einer anxiolytischen Medikation und der Straßenverkehrslärm-Exposition fanden Floud et al. (2011), Halonen et al. (2013, 2014), Okokon et al. (2018) und Zock et al. (2018).

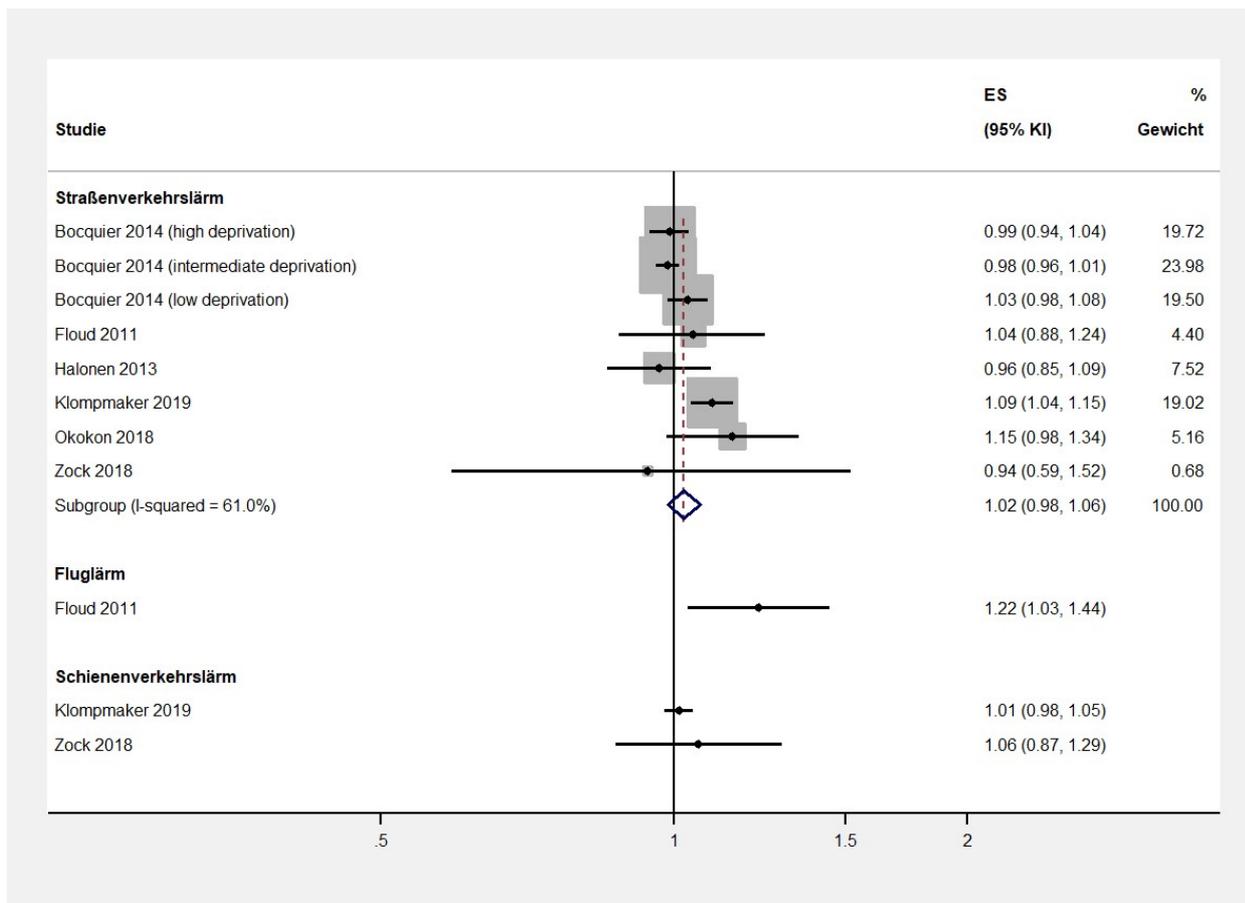
Stansfeld et al. (1993, 1996) fanden nach Adjustierung für die Angstausrprägung zum Zeitpunkt der Baseline-Untersuchung einen Zusammenhang zwischen Straßenverkehrslärmbelastung ($L_{eq, 16h}$) und Angst, gemessen mit dem GHQ-Fragebogen. Dieser Zusammenhang fand sich insbesondere bei Lärmpegeln zwischen 56 und 60 dB. Jonah et al. (1981) fanden nur einen schwachen, aber statistisch signifikanten Zusammenhang zwischen der Straßenverkehrslärm-Exposition und der Angstausrprägung ($r = 0,06$, $p < 0,05$). Nivison und Endresen (1993) fanden keine signifikante Beziehung zwischen der Angstausrprägung und dem Straßenverkehrslärm.

In die Metaanalyse konnten sechs Studien eingeschlossen werden (Bocquier et al. 2014, Floud et al. 2011, Halonen et al. 2013, 2014, Klompaker et al. 2019, Okokon et al. 2018 und Zock et al. 2018). Bocquier et al. (2014) stellten die Ergebnisse ausschließlich stratifiziert für den Sozialstatus mit jeweils unterschiedlichen Kontrollgruppen dar. Somit ging die Studie dreimal in die Metaanalyse ein.

Die Studie von Stansfeld et al. (1993, 1996) konnte nicht in die Metaanalyse einbezogen werden, da nur die Mittelwerte für die Subskala Angst angegeben wurden. Jonah et al. (1981) und Nivison & Endresen (1993) erfassten die Outcomes kontinuierlich, deren Studien konnten daher ebenfalls nicht in die Berechnung gepoolter Risikoschätzer einbezogen werden.

Im Ergebnis der Metaanalyse (siehe Abbildung 8) konnte nur eine geringe statistisch nicht signifikante Risikoerhöhung von 2% für Angststörungen in Abhängigkeit von der Straßenverkehrslärmexposition gefunden werden: der gepoolte Risikoschätzer für die Einnahme angstlösender Medikamente oder diagnostizierte Angststörung betrug 1,02 (95% KI 0,98-1,06 pro 10 dB Pegelanstieg). In der „Leave-one-out“-Sensitivitätsanalyse wurden alle Studien jeweils einmal von der Betrachtung ausgeschlossen. Die „Leave-one-out“-Sensitivitätsanalyse ergab eine statistisch signifikante Risikoerhöhung für eine Angststörung von 7% pro 10 dB Pegelanstieg für Straßenverkehrslärm bei Ausschluss der Studie von Bocquier et al. 2014, die die Einnahme von Anxiolytika und Hypnotika in einem Zweijahreszeitraum stratifiziert nach sozioökonomischen Status betrachteten (ES=1,07; 95% KI 1,01-1,13 pro 10 dB Anstieg des Dauerschallpegels, Tabelle 13).

Abbildung 8: Risikoschätzer und Metaanalyse Angststörungen und Verkehrslärm



Quelle: eigene Darstellung, Institut für Arbeits- und Sozialmedizin, TU Dresden

Tabelle 13: „Leave-one-out-Analyse“ zum Zusammenhang zwischen Angststörungen und Straßenverkehrslärm

Aus der Metaanalyse ausgeschlossene Studie:	Gepoolter Risikoschätzer	95% Konfidenzintervall
Bocquier et al. 2014 ^a	1,07	1.01-1.13
Floud et al. 2011	1,02	0,98-1,07
Halonen et al. 2013	1,03	0,98-1,07
Klompaker et al. 2019	1,00	0.98-1,02
Okokon et al. 2018	1,02	0,98-1,06
Zock et al. 2018	1,02	0,98-1,07

a) Alle 3 „Deprivation-Levels“ waren gleichzeitig aus der Metaanalyse ausgeschlossen.

2.3.3.2 Fluglärm

Zwei Studien untersuchten den Zusammenhang zwischen Fluglärm-Exposition und Angststörungen. Floud et al. (2011) fanden mit steigender Fluglärmbelastung eine statistisch signifikante Risikoerhöhung für die Einnahme von Anxiolytika in den letzten 2 Wochen vor dem Interview (OR pro 10 dB $L_{eq,16h}$ =1,28; 95% KI 1,04-1,57 und OR pro 10 dB L_N =1,27; 95% KI 1,01-1,59). Greiser et al. (2010) fanden keine statistisch signifikante Risikoerhöhung für den Zusammenhang zwischen Fluglärm und Angststörungen.

2.3.3.3 Schienenverkehrslärm

Zock et al. 2018 fanden ein um 6% (statistisch nicht signifikant) erhöhtes Risiko für eine Angststörung (ICPC-Klassifizierung) pro 10 dB Schienenverkehrslärm (OR=1,06, 95% KI 0,87-1,29). Klompaker et al. 2019 betrachteten die Interquartilsabstände (IQR) von 8,9 dB Schienenverkehrslärm und fanden keinen Hinweis für einen Einfluss der Schienenverkehrslärmexposition auf die Einnahme von Anxiolytika (OR=1,01; 95% KI 0,98-1,04).

2.3.3.4 Alle Verkehrslärmquellen

Generaal et al. (2019) fanden einen signifikanten Einfluss bei der gemeinsamen Betrachtung von Straßenverkehrslärm, Schienenverkehrslärm und Fluglärm auf das Risiko einer Angststörung (OR=1,22; 95% KI 1,09-1,38) pro Anstieg um eine Standardabweichung ($SD \pm 3,21$).

2.3.4 Kognitive Beeinträchtigungen und Demenzerkrankungen

Zum Zusammenhang zwischen Verkehrslärm und kognitiven Beeinträchtigungen bzw. Demenzerkrankungen konnten fünf Studien identifiziert werden. In drei Studien wurde der Einfluss von Straßenverkehrslärm auf Demenzerkrankungen (Arztdiagnose) untersucht (Andersson et al. 2018, Carey et al. 2018 und Linares et a. 2017). Eine Studie betrachtete den Zusammenhang zwischen Straßenverkehrslärm und kognitiven Beeinträchtigungen (Tzivian et al. 2018). Eine andere Studie untersuchte die kognitive Funktion in Bezug auf Straßenverkehrslärmexposition (Fuks et al. 2019). Zwei Studien kamen aus Deutschland. Jeweils eine Studie wurde in Schweden, Spanien und Großbritannien durchgeführt.

In der deutschen Heinz Nixdorf Recall-Studie wurde der Zusammenhang zwischen milder kognitiver Beeinträchtigung (*Mild Cognitive Impairment* – MCI) und Straßenverkehrslärm bei 50- bis 80-jährigen Männern und Frauen untersucht (Tzivian et al. 2016). In dieser Studie wurden Luftschadstoffe als Confounder berücksichtigt. Eingeschlossen wurden alle Personen mit Anzeichen einer milden kognitiven Beeinträchtigung; Personen mit einer Demenzerkrankung wurden aus der Analyse ausgeschlossen. Es konnte eine deutliche Risikoerhöhung für eine kognitive Beeinträchtigung bei gewichteten (L_{DEN}) Straßenverkehrslärm-Pegeln ab 60 dB (OR=1,40; 95% KI 1,03-1,91) bzw. bei nächtlichen (L_N) Straßenverkehrslärm-Pegeln ab 55 dB (OR=1,80; 95% KI 1,07-3,04) gefunden werden. Fuks et al. (2019) untersuchten den Zusammenhang zwischen Straßenverkehrslärm und kognitiver Funktion mittels CERAD-Plus (Consortium to Establish a Registry on Alzheimer's Disease) bei Frauen auf Grundlage der SALIA-Studie (Studie zum Einfluss von Feinstaubbelastung auf die Lungenfunktion, Entzündungsreaktionen und Alterungsprozesse bei älteren Frauen aus dem Ruhrgebiet). Die Autoren fanden einen Einfluss von Straßenverkehrslärm auf die kognitive Funktion (Gesamtwert) für den L_{DEN} , jedoch nicht für den L_N .

Eine spanische Studie untersuchte den Zusammenhang zwischen der Verkehrslärm-Exposition in Madrid und der Zahl der täglichen stationären Notfallaufnahmen mit einer Demenzerkrankung (Linares et al. 2017). In die Analyse wurden Einwohner*innen Madrids ab einem Alter von 60 Jahren eingeschlossen. Es fand sich ein statistisch signifikanter linearer Zusammenhang zwischen dem L_D und einer Demenz-bedingten Krankenhausaufnahme ($R= 0.918$).

Carey und Kollegen (2018) untersuchten das Risiko für eine inzidente Demenzerkrankung (Arzt Diagnose) in Abhängigkeit von der Straßenverkehrslärmexposition in der Nacht unter Berücksichtigung der Luftschadstoffe im Großraum von London. Die Patientendaten standen durch eine große Datenbank der Grundversorgung (Clinical Practice Research Datalink – CPRD) zur Verfügung. Im Ergebnis zeigte sich ein Zusammenhang zwischen einer inzidenten Demenzdiagnose und dem nächtlichen Straßenverkehrslärm (L_N) (HR=1,02; 95% KI 1,00-1,05). Wurde im Modell zusätzlich für NO_2 adjustiert, schwächte sich der Zusammenhang ab und verlor seine statistische Signifikanz (HR=1,01; 95% KI 0,98-1,03).

In einer schwedischen Kohorte wurde das Risiko für eine inzidente Demenz durch Straßenverkehrslärm bei Männern und Frauen ab 55 Jahren untersucht (Andersson et al. 2018). Die Diagnose wurde hierbei durch eine allgemeine Untersuchung zusammen mit zwei Untersuchungen von Spezialisten erstellt. Es zeigte sich kein Zusammenhang zwischen einer inzidenten Demenz und einer Straßenverkehrslärmexposition (24 Stunden-Dauerschallpegel) von mehr als 55 dB (HR=0,95; 95% KI 0,57-1,57).

Es konnte keine Metaanalyse für die Demenzerkrankungen durchgeführt werden, weil nur zwei Studien grundsätzlich zur Bildung eines gepoolten Effektschätzers geeignet waren (Carey et al. 2018, Andersson et al. 2018). Linares et al. (2017) betrachteten das Outcome kontinuierlich und konnten somit nicht mit einbezogen werden. Für die kognitiven Einschränkungen lag lediglich eine Studie von Tzivian et al. (2016). Fuks et al. (2019) betrachteten die kognitive Funktion ohne Schwellenwert für eine kognitive Störung.

Die Studien sind in Tabelle 14 dargestellt.

Tabelle 14: Studien zu kognitiven Beeinträchtigungen bzw. Demenzerkrankungen und Verkehrslärm

Studie	Land Design Qualität	Population	Outcome-Messung	Lärmquelle	Lärm-Maße	Lärmkategorien (dB)	Effektschätzer und Adjustierung
Andersson et al. 2018	Schweden Longitudinalstudie (Lärmdaten nach Outcome erfasst)	N=1.721 M=985, F=736 55-85 Jahre (68,5)	Diagnose durch dreistufiges Verfahren: allgemeine Untersuchung, Untersuchung durch Spezialisten und 3. Diagnose durch Spezialisten	Straße	$L_{eq,24h}$	< 55 dB ≥ 55 dB	Alter bei Baseline, Geschlecht, Bildung, körperliche Aktivität, Rauchen, BMI, WHR, Alkoholkonsum, ApoE4, medizinische Vorgeschichte bei Baseline hinsichtlich Diabetes, Bluthochdruck und Schlaganfall
Carey et al. 2018	UK Longitudinalstudie +	N=130.978 M=65.130, F=65.848 50-79 Jahre	Arztdiagnose einer Demenz (Datenbank)	Straße	$L_{N,23-07h}$	Kontinuierlich	Alter, Geschlecht, Ethnizität, Rauchen, BMI, Multiple Deprivations-Index, ischämische Herzerkrankungen, Schlaganfall, Diabetes, Herzversagen, NO ₂
Fuks et al. 2019	Deutschland Longitudinalstudie, aber Querschnittsanalyse -	F=288	Kognitive Funktion (CERAD-Plus)	Straße	L_{DEN} $L_{N,22-06h}$	< 50 dB ≥ 50 dB	Alter, Rauchen (aktiv und passiv), Bildung, zusätzliches Modell: Lärmbelästigungsempfinden, PM ₁₀ und NO ₂ oder diagnostizierte Depression
Linares et al. 2017	Spanien longitudinale ökologische Zeitreihenstudie -	N=3.116.897	ICD-9: 290 (290.0-290.2, 290.4-290.9): senile und präsenile organische Psychosen/ 294.1 - 294: Demenz bei an	Straße	$L_{D,08-22h}$ $L_{N,22-08h}$	Kontinuierlich	Zeittrend, Saisonalität, Autoregression, Wochentag

Studie	Land Design Qualität	Population	Outcome-Mes- sung	Lärmquelle	Lärm-Maße	Lärmkategorien (dB)	Effektschätzer und Adjustierung
			derer Stelle klas- sifizierten Krank- heitsbildern				
Tzivian et al. 2016	Deutschland Querschnittsana- lyse (einer Kohor- tenstudie) +	N=2.050 50-80 Jahre	leichte kognitive Beeinträchtigung	Straße	L_{DEN} $L_{N,22-06h}$	Dichotomisiert mit Cutpoint 60 dB (L_{DEN}) und 55 dB (L_N) Zusätzlich: <45 dB (Refe- renzkat.) ≥45-<55 dB ≥55-<65dB ≥65-<75dB ≥75 Kontinuierlich (Startpunkt of- fensichtlich 0 dB)	Alter, Geschlecht, SES (Bil- dung), Alkoholkonsum, Rauchstatus, selbst angege- bene Passivrauch-Exposi- tion, regelmäßige körperli- che Aktivität, BMI, Luft- schadstoffe

2.3.5 Andere psychische Erkrankungen

Sieben Studien (n=8 Publikationen) untersuchten Outcomes mit Krankheitswert, die jedoch keiner spezifischen ICD 10-kodierbaren Erkrankung zugeordnet werden konnten. Die Studien sind in Tabelle 15 aufgeführt.

Die meisten dieser Studien untersuchten die Auswirkung von Verkehrslärm auf die Einnahme von Psychopharmaka: Hypnotika (Floud et al. 2011, Halonen et al. 2013, 2014, Klompaker et al. 2019), Tranquilizer (Lercher 1996), Beruhigungsmittel (Schreckenberget al. 2009) und Sedativa/Schlafmittel (van Kamp et al. 2007). Es konnte keine signifikante Risikoerhöhung für die Einnahme von Psychopharmaka bei Exposition gegenüber Verkehrslärm in diesen Studien festgestellt werden. Eine amerikanische Studie untersuchte die Zahl von Krankenhauseinweisungen aufgrund von psychischen Zusammenbrüchen in Abhängigkeit von den Fluglärmpegeln im Umkreis des Flughafens Los Angeles (Meecham & Smith 1977). Die Autoren fanden einen 29%-igen Anstieg der Krankenhauseinweisungen in Gebieten mit hoher Fluglärmexposition.

Tabelle 15: Studien zu anderen psychischen Erkrankungen und Verkehrslärm

Studie	Land Design Qualität	Population	Outcome-Messung	Lärmquelle	Lärm-Maße	Lärmkategorien (dB)	Effektschätzer und Adjustierung
Floud et al. 2011	UK, Niederlande, Schweden, Italien, Deutschland, Griechenland Querschnittsstudie -	N=4.861 (M=2.404, F=2.457) 45-70 Jahre (57,9 +/- 7,1)	Einnahme von Hypnotika in den letzten 2 Wochen vor dem Interview (selbstberichtet)	Flug Straße	$L_{eq,07-23h}$ oder $L_{eq,06-22h}$ $L_{N,23-07h}$ oder $L_{N,22-06h}$	$L_{Aeq,16h}$ 35-76 dB Startpunkt* $L_{Aeq,16h}$ Fluglärm von 35 dB, Straßenverkehrslärm von 45 dB L_N 30-70 dB Startpunkt* $L_{N,160}$ Fluglärm von 30 dB, Straßenverkehrslärm von 45 dB *alle Lärmpegel unterhalb des Startpunktes auf Startpunkt gesetzt	OR Alter, Geschlecht, BMI, Rauchen, Alkohol, Bildung, körperliche Aktivität und Straßenverkehrslärm (für Fluglärm-Analyse) bzw. Fluglärm (für Straßenverkehrslärm-Analyse)
Halonen et al. 2013, 2014	Finnland Querschnittsstudie -	N=15.611 (M=3.086, F=12.525) 21-76 Jahre (50,3)	Psychopharmaka während des Erhebungsjahres (National Prescription Register): Hypnotika (N05C)	Straße	L_{DEN}	≤45 dB (Referenz) 45,1-50 dB 50,1-55 dB 55,1-60 dB >60 dB	OR Alter, beruflicher Status, Bildungsgrad, Wohnort, Familienstand, berufliche Belastung, chronische Krank-

Studie	Land Design Qualität	Population	Outcome-Messung	Lärmquelle	Lärm-Maße	Lärmkategorien (dB)	Effektschätzer und Adjustierung
							heit, sozioökonomischer Status auf Gebietsebene und Bevölkerungsdichte
Klompmaker et al. (2019)	Niederlande Querschnittstudie +	N=354.827 (M=161.045, F=193.782) ≥ 19 Jahre	Einnahme von Hypnotika und Sedativa (N05C)	Straße Schiene	L_{DEN}	-	IQR Alter, Geschlecht, Familienstand, Herkunftsregion, Bildung, bezahlte Beschäftigung, Haushaltseinkommen, sozioökonomischer Status der Nachbarschaft, Rauchen, Grad der Urbanisierung
Lercher et al. 1996	Österreich Querschnittstudie -	N=1.989 Erwachsene 25-65 Jahre	Anzahl der Rezepte für Tranquilizer (Selbsteinschätzung)	Straße	L_{eq}	<55 dB (Referenzkat.) >55 dB	OR Alter, Geschlecht und Bildung
Meecham & Smith 1977	USA Querschnittstudie -	N=137.331 (Median: 32 Jahre Nicht-exponierte/27 Jahre Exponierte)	Krankenhauseinweisungen wegen psychischer Störungen	Flug	MNA (Maximum Noise Area) 90 dB und höher	-	-
Schreckenberget al. 2009	Deutschland Querschnitt	N=2.311	Einnahme von Beruhigungsmitteln in	Flug	$L_{eq,06-22h}$ $L_{eq,22-06h}$	40-45 dB ¹ (Referenzkat.)	OR

¹ Die Einteilung der Referenzkategorien ist identisch mit Schreckenberget al. 2009. Für die Metaanalyse wurde der obere Grenzwert um 0,1 verringert, d.h. 40-44,99 und 45-49,99 usw.

Studie	Land Design Qualität	Population	Outcome-Messung	Lärmquelle	Lärm-Maße	Lärmkategorien (dB)	Effektschätzer und Adjustierung
	-	(M=1,034, F=1,276) <18 - ≥80 Jahre	den letzten 12 Mo- naten (Selbstein- schätzung)		NAT _{55,06-22h} NAT _{55,22-06h} L _{max55,(06-22h)} L _{max55,(22-06h)}	45-50 dB 50-55 dB 55-60 dB 60-65 dB Für L _{eq,22-06h} : <40 dB Referenzkat.	Lärmempfindlich- keit, Wohneigen- tum, Wohnzufrie- denheit, Fenster in der Nacht ge- schlossen, Alter, Geschlecht, Zeit außerhalb des Hauses, sozialer Status
Van Kamp et al. 2007	Niederlande Longitudinale Studie/ Querschnitts- studie -	Basiserhe- bung: n=5.873, Follow-up: n=2.671 + 3.420) Zusätzlicher Panel: n=600	Einnahme von Se- dativa/ Schlaftab- letten in den letz- ten 2 Wochen (Selbsteinschät- zung)	Flug	L _{DEN} L _N	- Kein Startpunkt angegeben	OR Geschlecht, Alter, ethnische Zugehö- rigkeit, sozioöko- nomischer Status, Rauchen, Alkohol- konsum, BMI, Haushaltsgröße, Urbanisierungs- grad

2.4 Zusammenfassung der Ergebnisse

Insgesamt wurden 46 Veröffentlichungen in die systematische Übersichtsarbeit eingeschlossen. Die überwiegende Mehrzahl der Studien bezieht sich auf den Einfluss von Straßenverkehrslärm und Fluglärm auf psychische Erkrankungen. Lediglich drei Studien untersuchen den Einfluss von Schienenverkehrslärm auf psychische Erkrankungen.

Eine metaanalytische Zusammenfassung der einbezogenen Studien wurde dann durchgeführt, wenn sich zu einer Verkehrslärm-Art und zu einem spezifischen Outcome mindestens drei Studien fanden. Voraussetzung für den Einbezug von Studien in die Metaanalyse war, dass in den Studien Risikoschätzer berechnet wurden oder zumindest berechenbar waren. Als Folge der vorgenannten Voraussetzungen konnte lediglich der Zusammenhang einer Depression mit allen betrachteten Verkehrslärmarten bzw. mit einer Depression metaanalytisch betrachtet werden.

Insgesamt zeigte sich auf der Grundlage der aktuellen Studienlage ein positiver Zusammenhang zwischen Verkehrslärm und dem Auftreten einer *depressiven Störung*. In die Metaanalyse wurden elf Studien zum Straßenverkehrslärm (Floud et al. 2011, Halonen et al. 2013, 2014, Klomp-maker et al. 2019, Leijssen et al. 2019, Okokon et al. 2018, Orban et al. 2016, Seidler et al. 2017, Stansfeld et al. 1993, 1996, Sygna et al. 2014, Tzivian et al. 2018, Zock et al. 2018), fünf Studien zum Fluglärm (Baudin et al. 2018, Floud et al. 2011, Schreckenberger et al. 2009, van Kamp et al. 2007) und drei Studien zum Schienenverkehrslärm (Klomp-maker et al. 2019, Seidler et al. 2017, Zock et al. 2018) einbezogen. Im Ergebnis der Metaanalyse findet sich für den Fluglärm mit 12% pro 10 dB L_{DEN} Pegelanstieg ein deutlich erhöhtes Depressionsrisiko. Für den Straßen- und Schienenverkehrslärm finden sich insgesamt nur geringe Risikoerhöhungen von 2 bis 3% pro 10 dB L_{DEN} Pegelanstieg. Für den Straßenverkehrslärm zeigte sich ein statistisch signifikant erhöhtes Risiko für eine Depression von 4% pro 10 dB Pegelanstieg lediglich nach Ausschluss einer großen Studie (Klomp-maker et al. 2019) aus der Metaanalyse, die die Einnahme von Antidepressiva im Erhebungsjahr betrachtete.

Zum Zusammenhang zwischen Verkehrslärm und dem Auftreten von *Angststörungen* konnten nur wenige Einzelstudien eingeschlossen werden. Eine Metaanalyse war lediglich für die Auswirkung des Straßenverkehrslärms möglich. Der gepoolte Risikoschätzer aus sechs Einzelstudien (Boquier et al. 2014, Floud et al. 2011, Halonen et al. 2013, Klomp-maker et al. 2019, Okokon et al. 2018, Zock et al. 2018) lag hier bei 1,02. Bei Ausschluss der Studie von Bocquier et al. 2014 erhöhte sich der Risikoschätzer 7% pro 10 dB Pegelanstieg für Straßenverkehrslärm. Der Ausschluss der vorgenannten Studie von Bocquier et al. (2014) ist inhaltlich damit begründbar, dass sich aus der Anzahl an erworbenen Anxiolytika, Benzodiazepin-Derivaten und Benzodiazepin-verbundenen Arzneimitteln keine verlässliche Aussage über das Vorliegen einer Angststörung ableiten lässt.

Zu den *kognitiven* Auswirkungen von Verkehrslärm gibt es bisher nur sehr wenige Studien: Tzivian et al. (2016) fanden einen Zusammenhang zwischen Straßenverkehrslärm und milder kognitiver Beeinträchtigung, schlossen allerdings Personen mit einer Demenzerkrankung aus ihrer Analyse aus. Fuks et al. (2019) fanden einen Zusammenhang zwischen Straßenverkehrslärm und der kognitiven Funktion (Gesamtwert) für den L_{DEN} , jedoch nicht für den L_{Night} . Allerdings beschränken sich die Aussagen auf die kognitive Funktion insgesamt, da kein Schwellenwert für eine kognitive Störung zugrunde gelegt wurde.

Linares et al. (2017) fanden einen statistisch signifikanten linearen Zusammenhang zwischen dem Verkehrslärm und einer Demenz-bedingten Krankenhausaufnahme. Einen schwachen Zusammenhang zwischen dem Risiko einer Demenzerkrankung und der Straßenverkehrslärmexposition fanden auch Carey und Kollegen (2018). Hingegen fanden Andersson et al. 2018 keinen

Zusammenhang zwischen dem Auftreten einer inzidenten Demenzerkrankung und der Straßenverkehrslärmexposition. Allerdings wurde in dieser Studie die Exposition (2012) nach der Erhebung der Outcomes (1993-2010) betrachtet. Somit könnten die Ergebnisse durch einen „Cause and Effect-Bias“ verzerrt sein, und die Aussagekraft der Studie ist eingeschränkt.

Auch zum Zusammenhang zwischen Verkehrslärm und dem Auftreten von *Hyperaktivität bzw. Aufmerksamkeitsproblemen* bei Kindern gibt es nur wenige aussagekräftige Studien. Die beiden in dem vorliegenden systematischen Review identifizierten Studien (Hjorteborg et al. 2016, Tiesler et al. 2013) konnten ein erhöhtes Hyperaktivitäts-Risiko in Abhängigkeit von der Straßenverkehrslärm-Exposition feststellen; in der Metaanalyse fand sich ein Risikoanstieg um 11% pro 10 dB Pegelanstieg. Die von Hjorteborg et al. (2016) durchgeführte Studie liefert darüber hinaus auch Hinweise auf einen Zusammenhang zwischen Schienenverkehrslärm und Hyperaktivität bei Kindern. Drei Studien konnten in eine Metaanalyse zu *Emotionalen Problemen und Verhaltensauffälligkeiten* sowie für die Betrachtung der *Gesamtauffälligkeiten* eingeschlossen werden (Hjorteborg et al. 2016, Lim et al. 2018, Tiesler et al. 2013). Im Ergebnis zeigten sich ein statistisch signifikanter Zusammenhang mit dem Straßenverkehrslärm für *Gesamtauffälligkeiten* (Anstieg von 9% pro 10 dB Pegelanstieg) Auch für Verhaltensauffälligkeiten fand sich ein (statistisch nicht signifikanter) Anstieg von 5% pro 10 dB Pegelanstieg für Straßenverkehrslärm.

Die Qualität der einbezogenen Studien ist überwiegend als gering einzustufen. Wenn in Sensitivitätsanalysen lediglich die Studien mit akzeptabler methodischer Qualität berücksichtigt wurden, ließen sich die beschriebenen Ergebnisse grundsätzlich bestätigen.

Einschränkend ist weiterhin auf die Heterogenität der eingeschlossenen Studien hinzuweisen: so unterscheiden sich beispielsweise die Startpunkte bzw. Referenzkategorien der eingeschlossenen Studien. Wenn sich teilweise bereits im Pegelbereich zwischen 40 und 45 dB statistisch signifikante Risikoerhöhungen finden, dann kann bei Studien mit einem Startpunkt von 45 dB oder höher eine Unterschätzung der Risiken nicht ausgeschlossen werden. Weiterhin ist auf unterschiedliche Definitionen psychischer Erkrankungen hinzuweisen: teilweise wurden der Diagnose einer psychischen Erkrankung in den einbezogenen Studien ICD-Diagnosen zugrunde gelegt, teilweise validierte psychologische Befragungsinstrumente, teilweise selbst berichtete Medikamenteneinnahmen bzw. -verschreibungen. Diese Methoden bilden die entsprechende Erkrankung in unterschiedlicher Güte ab. Beispielsweise werden Antidepressiva auch bei Patienten mit Angststörungen eingesetzt. Weiterhin erhalten Patienten mit einer depressiven Störung oft eine nicht-medikamentöse Therapie. Somit ist die Einnahme oder Verschreibung von bestimmten Medikamenten als Indikator für eine bestimmte Erkrankung nur eingeschränkt aussagekräftig. Weiterhin war die in mehreren Studien untersuchte Einnahme von psychopharmakologischen Medikamenten keiner spezifischen klinischen Diagnose zuzuordnen.

Insgesamt liefert das vorliegende systematische Review mit Metaanalyse deutliche Hinweise auf einen Zusammenhang zwischen Verkehrslärm und dem Auftreten psychischer Erkrankungen. Insbesondere findet sich ein erhöhtes Depressionsrisiko bei Exposition gegenüber Fluglärm, weniger ausgeprägt auch bei Exposition gegenüber Straßenverkehrslärm. Auch das Risiko für eine Angststörung könnte mit einer hohen Straßenverkehrslärmexposition einhergehen. Allerdings konnten bei den meisten psychischen Erkrankungen nur sehr wenige methodisch akzeptable Studien identifiziert werden. Somit verweist die vorliegende systematische Übersichtsarbeit auf erhebliche Forschungslücken, zu deren Schließung die epidemiologischen Untersuchungen der vorliegenden Forschungsarbeit beitragen sollen.

3 Epidemiologische Studien

Ziel dieser Untersuchungen war es, umfassende Erkenntnisse über die Zusammenhänge zwischen chronischer Verkehrslärmbelastung und verschiedenen psychischen Krankheitsbildern zu gewinnen. Dabei standen die folgenden psychischen Erkrankungen im Vordergrund: Depression, Angststörung und Demenz (bzw. leichte kognitive Beeinträchtigungen). Die Analysen erfolgten unter Berücksichtigung von möglichen Confoundern (Störfaktoren). Darüber hinaus wurden auch intermediäre Faktoren (Mediatoren) betrachtet, da sie Aufschluss über den Wirkungspfad von chronischer Verkehrslärmbelastung hin zu psychischen Erkrankungen geben können. Schließlich wurde eine mögliche Effektmodifikation untersucht: so könnte beispielsweise die Wahrnehmung von Verkehrslärm als belästigend oder weniger belästigend den Zusammenhang zwischen Verkehrslärm und psychischen Erkrankungen beeinflussen.

Es wurden zwei unterschiedliche Ansätze verfolgt: Im ersten Ansatz erfolgte eine vertiefende Auswertung der NORAH-Studie zu Krankheitsrisiken (Teilstudie 1). Im zweiten Ansatz wurde der Zusammenhang zwischen Verkehrslärmbelastung und psychischen Erkrankungen auf der Grundlage der Leipziger LIFE-Kohortenstudie untersucht (Teilstudie 2).

3.1 Teilstudie 1: Vertiefende Auswertung der NORAH-Studie zu Krankheitsrisiken

3.1.1 Hintergrund

In der NORAH-Studie zu Krankheitsrisiken wurde mittels eines Fallkontrollansatzes der Einfluss von Verkehrslärm auf die Diagnose einer Depression untersucht (Seidler et al. 2016a, Seidler et al. 2017). In Teilstudie 1 wurden die NORAH-Daten zu Krankheitsrisiken vertiefend analysiert. Diese vertiefende Auswertung ist durch die folgenden neuen Ansätze gekennzeichnet:

1. Die Auswertungen schloßen die Krankheitsbilder Depression, Angststörungen und Demenzen ein: soweit sinnvoll – insbesondere bei den Demenzen – werden Subentitäten der vorgenannten Krankheitsbilder gesondert analysiert. Die Auswahl der Erkrankungen beruhte auf den Ergebnissen der systematischen Literaturrecherche und Metaanalyse (siehe Kapitel 2).
2. Neben dem erstmaligen² Auftreten von Depression wurden auch Krankheitsrezidive mit Hinblick auf die Verkehrslärmexposition untersucht. Denn bei einer Depression ist die Wahrscheinlichkeit, ein Rezidiv zu entwickeln, sehr hoch: Tatsächlich entwickeln 60 - 75% der Patient*innen mit einer ersten Depression eine oder mehrerer weitere depressive Episoden im Verlauf ihres Lebens (Wittchen et al. 2010). In dieser Studie wurde untersucht, inwieweit die Verkehrslärmexposition die Entstehung von Krankheitsrezidiven begünstigt.
3. Die Ermittlung der Erkrankungs- und der Rezidivrisiken erfolgte durch Berechnung der Inzidenzraten-Ratios (IRR) im Rahmen eines Kohorten-Ansatzes. Die Inzidenzrate berücksichtigt im Personenjahre-Ansatz die Zahl der Neuerkrankungen in einem bestimmten Zeitraum „unter Risiko“. Demgegenüber fand in der ursprünglichen Fallkontrollauswertung die jeweils individuell vorliegende Versicherungszeit „unter Risiko“ keine Berücksichtigung. Die Auswertung als Kohortenstudie stellt somit eine methodische Aufwertung der NORAH-Studie zu Krankheitsrisiken dar.

² Bezogen auf den Zeitraum, der in den Sekundärdaten abgebildet ist.

Es erfolgte eine umfassende Confounderanalyse. Bereits im ursprünglichen Fallkontrollansatz konnte der „Urbanitätsgrad“ als bekannter Risikofaktor für depressive Erkrankungen als möglicher Confounder berücksichtigt werden (Seidler et al. 2017). Weiterhin wurde in der vorliegenden (wie auch in der ursprünglichen) Auswertung der individuelle sozioökonomische Status als möglicher Confounder im Rahmen einer Subanalyse analysiert (vgl. Seidler et al. 2016c). Als neuer Auswertungsansatz wurde ausgehend von der vertiefenden Befragung (Seidler et al. 2016a, 2016c) der NORAH-Studie zu Krankheitsrisiken der Einfluss von sozioökonomischen, Lifestyle-bezogenen und weiteren personenbezogenen Faktoren (einschließlich Geräuschempfindlichkeit und Lärmbelastigung) auf den Zusammenhang zwischen Verkehrsgeräusch-Exposition und psychischen Erkrankungen untersucht. Es geht in diesem Zusammenhang nicht nur um die Identifikation möglicher Confounder, sondern darüber hinaus auch um die Identifikation mögliche Mediator- und Moderatorvariablen (anders ausgedrückt: intermediärer Faktoren und Effektmodifikatoren).

3.1.2 Methoden

Die Auswertungen erfolgte im Einklang mit der Deklaration von Helsinki (2013) und im Einklang mit den Leitlinien und Empfehlungen zur Sicherung von Guter Epidemiologischer Praxis (DGEpi 2018).

3.1.2.1 Studiendesign

Der Zusammenhang von wohnortbezogenen Belastungen durch Straßenverkehrslärm, Schienenverkehrslärm und Fluglärm und dem Auftreten von psychischen Erkrankungen (depressive Störung, neurotische Belastungs- und somatoforme Störung, Demenzerkrankung) wurde in einer retrospektiven sekundärdatenbasierten Kohortenstudie mittels Routinedaten dreier gesetzlicher Krankenkassen untersucht.

Diese Daten aus den Berichtsjahren von 2005 bis 2010 umfassen ca. 35% (~1 Million Versicherte) der im Studiengebiet (Rhein-Main Gebiet) lebenden Personen im Alter von über 40 Jahren.

Die Auswahl und Definition der neu diagnostizierten Fälle erfolgt mit Hilfe der Internationalen Klassifikation der Krankheiten (ICD-10) und wird in Kapitel 3.1.2.4 und in Kapitel 3.1.2.5 näher erläutert.

3.1.2.2 Datengrundlage

3.1.2.2.1 Lärmdaten

Als Expositionsvariablen zur Analyse der psychischen Erkrankungsrisiken wurden für die Lärmwirkungsstudie adressgenaue akustische Parameter von Straßenverkehrslärm, Schienenverkehrslärm und Fluglärm der Untersuchungsregion gewählt. Die Lärmparameter wurden als 24h-Dauerschallpegel und Maximalpegel in verschiedenen Zeitscheiben erfasst. Eine Lärmdatenbank wurde von Möhler + Partner Ingenieure AG bereits für die NORAH-Studie zu Krankheitsrisiken bereitgestellt (siehe auch Möhler et al. 2015). Weitere Informationen zu den Lärmdaten finden sich zudem im Abschlussbericht der NORAH-Studie zu Krankheitsrisiken von Seidler et al. (2016a). Die Expositionsparameter sind im nachfolgenden Kapitel genauer beschrieben.

3.1.2.2.2 Expositionsdaten für Verkehrslärm

Für die Hauptanalyse wurden folgende Zeitscheiben verwendet (Außenpegel an der lautesten Fassade für das Jahr 2005):

$L_{pAeq,24h}$:	00-24 Uhr (24 Stunden-Dauerschallpegel)
L_{Night} :	22-06 Uhr
NAT-6 (nur Fluglärm):	Definierter Maximalpegel während der Nacht wird sechsmal überschritten – analysiert als gesonderte Kategorie bei Personen mit einem $L_{pAeq,24h}$ von unter 40 dB

In einer Sensitivitätsanalyse wurde zusätzlich die folgende Zeitscheibe verwendet:

L_{DN} :	00-24 Uhr (gewichteter 24 Stunden-Pegel)
------------	--

3.1.2.2.3 Daten der gesetzlichen Krankenkasse

Von den Teilnehmenden der gesetzlichen Krankenkassen aus den Bundesländern Hessen und Rheinland-Pfalz wurden für die NORAH-Studie zu Krankheitsrisiken Versichertendaten an die Auswertungsstelle der TU Dresden für die jeweiligen Berichtsjahre 2005 bis 2010 übermittelt. Eingeschlossen wurden dabei alle Versicherte mit einem Alter ≥ 40 Jahren (Stichtag 31.12. des jeweiligen Berichtsjahres), die jemals in der Studienregion (Regierungsbezirk Darmstadt, Rheinhessen) im Zeitraum zwischen 2005 und 2010 wohnhaft waren.

Die Sekundärdaten enthalten:

- ▶ Versichertenstammdaten
- ▶ Daten der ambulanten Versorgung
- ▶ Daten der stationären Versorgung
- ▶ Arzneimittelverordnungsdaten
- ▶ Arbeitsunfähigkeitsdaten

Allen Studienteilnehmer*innen der Gesamtkohorte können folgende Eigenschaften zu geordnet werden:

- ▶ Zuordnung zu allen Verkehrslärmexpositionen (Straßenverkehrslärm, Schienenverkehrslärm und Fluglärm);
- ▶ Das 40. Lebensjahr 2010 oder davor erreicht;
- ▶ Mindestens 4 Quartale hintereinander durchgängig versichert; und
- ▶ Keine entsprechende Diagnose in den ersten 4 Quartalen.

Die Definition neu diagnostizierter Krankheitsereignisse und somit die Unterscheidung der erkrankten Studienteilnehmer von den nicht Erkrankten ist in Kapitel 3.1.2.4 dargestellt.

3.1.2.3 Datenaufbereitung

3.1.2.3.1 Datenhaltung und Dokumentation

Alle vorhandenen Daten wurden in separaten SQL-Datenbanken aufbewahrt und gepflegt. Die Rohdaten werden entsprechend Guter Epidemiologischer Praxis (GEP) 10 Jahre lang nach Ende der NORAH-Studie zu Krankheitsrisiken in elektronischer Form in einer Importdatenbank aufbewahrt. Plausibilitätskontrollen und Datenkorrekturen wurden gemäß GEP 2012 beim Import durchgeführt und sind nun nicht mehr erforderlich. Anonymisierte Datensätze wurden für die hier beschriebenen statistischen Analysen aus den kontrollierten SQL-Datenbanken erstellt.

3.1.2.3.2 Datenbankmanagement und Statistik-Software

Die Datenaufbereitung der Versichertendaten der gesetzlichen Krankenkassen erfolgte mittels des relationalen Datenbankmanagementsystems SQL Server 2008 r2 von IBM. Die komplexen statistischen Auswertungen wurden mit den Datenanalyseprogrammen STATA und IBM SPSS Statistics durchgeführt.

3.1.2.3.3 Lärmdaten – Kategoriale Einteilung des 24h-Dauerschallpegels

a. Referenzkategorie

Die Referenzkategorie beinhaltet alle Personen mit einem 24 Stunden-Dauerschallpegel $L_{pAeq,24h}$ von unter 40 dB. Bei Analysen mit kontinuierlichen Lärmvariablen wurden alle Werte, die unter 40 dB liegen, auf 35 dB gesetzt (Seidler et al. 2016a, 2017).

b. Lärmkategorien

Die einzelnen Lärmkategorien sind untergliedert nach Verkehrslärmart in Tabelle 16 dargestellt. Für Fluglärm wurde zudem eine zusätzliche Kategorie eingefügt. Diese besteht aus Personen, die einem 24h-Dauerschallpegel von weniger als 40 dB und mindestens 6 Überschreitungen des nächtlichen Maximalpegels von 50 dB und mehr ausgesetzt waren (Seidler et al. 2016a, 2017).

Tabelle 16: Lärmeinteilung nach Kategorien (5 dB-Klassen) für den 24h-Dauerschallpegel

Straßen- und Schienenverkehrslärm	Fluglärm
$L_{pAeq,24h} < 40$ dB	$L_{pAeq,24h} < 40$ dB, NAT-6 < 50 dB
	$L_{pAeq,24h} < 40$ dB, NAT-6 ≥ 50 dB
$L_{pAeq,24h} \geq 40$ bis < 45 dB	$L_{pAeq,24h} \geq 40$ bis < 45 dB
$L_{pAeq,24h} \geq 45$ bis < 50 dB	$L_{pAeq,24h} \geq 45$ bis < 50 dB
$L_{pAeq,24h} \geq 50$ bis < 55 dB	$L_{pAeq,24h} \geq 50$ bis < 55 dB
$L_{pAeq,24h} \geq 55$ bis < 60 dB	$L_{pAeq,24h} \geq 55$ bis < 60 dB
$L_{pAeq,24h} \geq 60$ bis < 65 dB	$L_{pAeq,24h} \geq 60$
$L_{pAeq,24h} \geq 65$ bis < 70 dB	
$L_{pAeq,24h} > 70$ dB	

3.1.2.4 Einbezogene Krankheitsdiagnosen

In der sekundärdatenbasierten Kohortenstudie wurden stets alle neu diagnostizierten Fälle einer Erkrankung, die die Einschlusskriterien erfüllt, in die statistische Analyse einbezogen. Ein breites Spektrum spezifischer psychischer Erkrankungen wurde im Hinblick auf einen Zusammenhang mit chronischer Verkehrslärm-Exposition untersucht. Dabei wurden die „Gesamtgruppe“ der depressiven Störungen (entsprechend Seidler et al. 2016a, 2017), Angststörungen und Demenz getrennt analysiert.

Eine orientierende Analyse der Kodierung depressiver Störungen in den Sekundärdaten der NO-RAH-Studie zu Krankheitsrisiken hat ergeben, dass sich die einzelnen Subkategorien der depressiven Störung im zeitlichen Verlauf häufig ändern. Es ist somit von einer geringen Trennschärfe der einzelnen Subgruppen depressiver Störungen bzw. zumindest der ärztlicherseits vergebenen diagnostischen Codes auszugehen. Abweichend von der ursprünglichen Studienplanung wurde daher bei den Depressionen wie auch bei den Angststörungen auf eine Subgruppenanalyse verzichtet. Hingegen erscheint bei den Demenzerkrankungen trotz einer gewissen „Überlappung“ der Krankheitsbilder eine Subgruppenanalyse sinnvoll. Daher wurde neben der Gesamtgruppe der Demenzerkrankungen zusätzlich auch eine Analyse ausschließlich der Demenz vom Alzheimer-Typ sowie ausschließlich der vaskulären Demenz durchgeführt.

Grundsätzlich wurden nur stationäre Entlassungs- und Nebendiagnosen sowie gesicherte ambulante Diagnosen berücksichtigt. Eine Verordnung von Medikamenten (z.B. ATC-Code: C01, C03, C07 und C09) findet bei der Einstufung des Erkrankungsstatus keine Berücksichtigung. Personen, bei denen lediglich eine Diagnose mit dem Zusatz („v“ = Verdacht) und keine gesicherte Diagnose erstellt wurde, wurden grundsätzlich als „nicht erkrankt“ gewertet.

3.1.2.4.1 Depression

Bei der Krankheitsgruppe „Depression“ (unipolare depressive Störung) wurden stationäre sowie ambulante Diagnosen (ICD-10 F32.-, F33.-, F34.1, F41.2) einbezogen (siehe Tabelle 17).

Tabelle 17: Kodierung von Depression

ICD-10 Klassifikation	Depressive Störung
F32.-: Depressive Episode	1x stationäre Entlassungsdiagnose F32.-, F33.-, F34.1 oder F41.2
F33.-: Rezidivierende depressive Störung	
F34.1: Dysthymia	2x ambulante sichere Diagnose F32.-, F33.-, F34.1 oder F41.2 („g“) innerhalb von 4 aufeinanderfolgenden Quartalen
F41.2: Angst und depressive Störung, gemischt	

Definition eines Krankheitsrezidivs einer Depression

Eine Person mit einer depressiven Störung gilt nach DSM-V als teil- oder vollremittiert, wenn „während der vergangenen 2 Monate [...] keine bedeutsamen Krankheitszeichen oder Symptome der Störung vorhanden“ waren (Falkai et al., 2015). Da die vorliegenden Versichertendaten keine explizite Diagnose einer „Krankheitsremission“ enthalten, wurde zum bestmöglichen Ausschluss länger andauernder depressiver Phasen eine „diagnosefreie“ Zeit von mindestens einem Jahr gefordert. Bereits eine einmalige sichere ambulante Diagnose reicht aus, um ein Krankheitsrezidiv zu begründen. Für die hier dargestellte Analyse wurde eine depressive Erkrankung somit als Krankheitsrezidiv aufgefasst, wenn folgende Kriterien erfüllt sind:

- ▶ eine epidemiologisch „sichere“ Depression entsprechend den vorgenannten Kriterien (Tabelle 17) in den Jahren 2005³ bis 3. Quartal 2009;
- ▶ mindestens 4 durchgängig versicherte, diagnosefreie Quartale zwischen erster Depression im untersuchten Zeitraum zwischen 2005 und 2009 (1x stationäre Entlassungsdiagnose oder 2x sichere ambulante Diagnose) und zweiter Diagnose (1x stationäre Entlassungsdiagnose oder einmalige sichere ambulante Diagnose).

Traten nach der ersten gesicherten Depressionsdiagnose nach einer diagnosefreien Zeit von mindestens einem Jahr keine weiteren Depressionsdiagnosen auf, so bekamen die Versicherten den Status einer „Krankheitsremission“.

Im Kohortenansatz wurde zudem analysiert, inwieweit das Auftreten eines Krankheitsrezidivs in den Jahren 2007 bis 2010 mit der Verkehrslärm-Exposition im Jahr 2005 in Zusammenhang steht. Die Depressions-Subgruppen wurden auch für diese Analyse als gemeinsame Krankheitsgruppe betrachtet. Wenn also beispielsweise bei einem Versicherten mit neu aufgetretener „depressiver Episode“ (F32.-) im Jahr 2006 nach acht „diagnosefreien“ Quartalen im Jahr 2008 eine „rezidivierende depressive Störung“ (F33.-) diagnostiziert wurde, so wurde ebenso von einem Krankheitsrezidiv ausgegangen, als wenn im Jahr 2008 erneut eine „depressive Episode“ (F32.-) diagnostiziert worden wäre. Dieses Vorgehen trägt der geringen Trennschärfe der einzelnen Subgruppen und der häufigen Änderung der diagnostischen Einstufung im zeitlichen Verlauf Rechnung.

3.1.2.4.2 Angststörungen

In Tabelle 18 sind die Diagnosen (nach ICD-10) aufgeführt, die der Ermittlung einer neu aufgetretenen Angststörung zugrunde gelegt werden.

Tabelle 18: Kodierung von Angststörungen

ICD-10 Klassifikation	Angststörungen
F41.0: Panikstörung F41.1: Generalisierte Angststörung F41.2: Angst und depressive Störung, gemischt	1x stationäre Entlassungsdiagnose F41.0, F41.1 oder F41.2

3.1.2.4.3 Demenzerkrankungen

Die beiden häufigsten Formen der Demenzerkrankung sind die Demenz vom Alzheimer-Typ mit einem Anteil von 50-70% und die vaskuläre Demenz mit einem Anteil von 15-25% aller Demenzerkrankungen (AWMF 2016). Auswertungen an Routinedaten ergaben, dass ein hoher Anteil der Demenzerkrankungen als nicht näher bezeichnete Demenz (d.h. nach F03.-) kodiert wird (Schulze et al. 2015, Bohlken & Kostev 2018). Während die diagnostische Spezifität in den Facharztpraxen in den letzten Jahren zugenommen hat, konnte dies für den hausärztlichen Bereich nicht beobachtet werden (Bohlkens & Kostev 2018). In den Facharztpraxen lag der Anteil unspezifischer – also nicht näher bezeichneter – Demenzdiagnosen (F03.-) bei 27,4% im Jahr 2015 und bei 36,7% im Jahr 2005.

³ Auf das Kriterium einer neu aufgetretenen Depression wird bei der Rezidivanalyse verzichtet, so dass auch die prävalenten Depressionsdiagnosen im Jahr 2005 in die Analyse der Krankheitsrezidive eingeschlossen werden.

In Tabelle 19 sind die Diagnosen (nach ICD-10) aufgeführt, die der Ermittlung einer neu aufgetretenen demenziellen Erkrankung zugrunde gelegt werden. Es wurden sowohl die Demenz vom Alzheimer-Typ (F00.-) als auch die vaskuläre Demenz (F01.-) und die nicht näher bezeichnete Demenz (F03.-) in die Analyse eingeschlossen. Im Unterschied zu den bisherigen Sekundärdatenanalysen (Mostardt et al., 2010; Schwarzkopf et al., 2012; Schulze et al. 2013) wurden neben den ambulanten auch stationäre Diagnosen (einschließlich stationärer Nebendiagnosen) berücksichtigt. Demenzerkrankungen, die nicht den vorgenannten Formen zuzuordnen sind (z.B. Demenz bei anderenorts klassifizierten Krankheiten, F02.- sowie die leichte kognitive Beeinträchtigung, F06.7), wurden für die vorliegenden Analysen nicht berücksichtigt. Dies begründet sich daraus, dass andere Demenzerkrankungen häufig sekundäres Symptom anderer Grunderkrankungen bzw. Ausdruck einer hereditären Erkrankung sind. Daher bezieht sich die Hypothese eines Zusammenhangs zwischen Verkehrslärm und Demenzerkrankungen zunächst nicht durchgängig auf alle Typen der Demenzerkrankungen, sondern insbesondere auf die beiden vorgenannten Hauptformen.

Für die Analyse gilt: eine neu aufgetretene Erkrankung eines spezifischen Demenz-Typs (Demenz vom Alzheimer-Typ, vaskuläre Demenz) wie auch einer unspezifischen Demenzerkrankung setzt vier vorherige diagnosefreie Quartale an einer Alzheimer-Demenz bzw. an einer vaskulären oder nicht näher bezeichneten Demenz voraus.

Tabelle 19: Kodierung von Demenz

ICD-10 Klassifikation	Demenz
F00.-: Demenz bei Alzheimer-Krankheit	1x stationäre Entlassungs- oder Nebendiagnose F00.-, F01.- oder G30.-
F01.-: Vaskuläre Demenz	
F03.-: Nicht näher bezeichnete Demenz	1x ambulante sichere Diagnose F00.-, oder F01.- („g“)
G30.-: Alzheimer-Krankheit	

Für die Hauptanalyse wurden alle Demenzerkrankungen, d.h. die Demenz vom Alzheimer-Typ, die vaskuläre und die nicht näher bezeichnete Demenz zusammen analysiert.

Subentitäten

Neben der Hauptanalyse der Gesamtgruppe der vorgenannten Demenzerkrankungen wurden die verkehrslärmbedingten Risiken für eine Demenz vom Alzheimer-Typ und eine vaskuläre Demenz in Subentitätenanalysen einzeln untersucht. Voraussetzung für den Einbezug in die Subentitätenanalyse ist, dass mindestens eine Diagnose einer Demenz vom Alzheimer-Typ (F00.- oder G30.-) oder eine Diagnose einer vaskulären Demenz (F01.-) während des Beobachtungszeit gestellt wurde. Aufgrund der möglichen Unsicherheit von Diagnosen in der diagnostischen Zuordnung wurden Personen, die sowohl eine Demenz vom Alzheimer-Typ als auch vaskuläre Demenzdiagnosen erhalten hatten, in der Subentitätenanalyse nicht berücksichtigt.

3.1.2.5 Kohortenenumeration

3.1.2.5.1 Identifikation neu diagnostizierter Krankheitsereignisse

Generell wird hier von „neu diagnostizierten“ und nicht von „inzidenten“ Krankheitsfällen gesprochen, da uns keine Informationen zu etwaigen Diagnosen in der Zeit vor 2005 vorliegen. Aufgrund des häufig rezidivierenden Charakters von psychischen Erkrankungen kann deshalb keineswegs ausgeschlossen werden, dass auch bei einer „neu diagnostizierten“ Erkrankung bereits eine entsprechende Vorerkrankung in der Zeit vor 2005 diagnostiziert worden ist.

Um für die sekundärdatenbasierte Kohortenstudie ausschließlich neu diagnostizierte Erkrankungen zu berücksichtigen und prävalente Erkrankungen bestmöglich auszuschließen, wurden in Anlehnung an Schubert et al. (2010) ausschließlich Krankheitsdiagnosen berücksichtigt, bei denen die jeweilige Diagnose erstmals während des Berichtszeitraums 2006 bis 2010 erfolgte. Grundvoraussetzung war jeweils ein mindestens vier Quartale umfassender diagnosefreier Zeitraum vor dem Ereignis bei durchgängiger Versicherung. Dieser Zeitraum war nicht an ein Kalenderjahr gebunden. Zur Erhöhung der Diagnosesicherung wurde bei ambulanten Diagnosen gefordert, dass diese immer gesichert sein müssen und dass innerhalb von 4 Quartalen eine weitere ambulante Diagnose nach dem ersten Ereignis erfolgt sein muss. Die Ausnahme bilden die Demenzerkrankungen, wo eine ambulante Diagnose ausreichend ist.

Zum Zeitpunkt des neuen Ereignisses musste der Versicherte das 40. Lebensjahr erreicht haben. Konnten die genannten Bedingungen nicht eingehalten werden, so wurden die Versicherten nicht als epidemiologisch sicher gewertet und nicht als Fälle definiert.

Tabelle 20 zeigt drei Beispiele für die Identifikation von neu diagnostizierten Krankheitsereignissen.

Im ersten Beispiel ist der Versicherte vor 2005 der Krankenkasse beigetreten und hatte im Berichtsjahr 2006 erstmals eine ambulante Diagnose einer einbezogenen Erkrankung und eine weitere gesicherte Diagnose in den folgenden drei Quartalen. Bis zur ersten Diagnose war er durchgängig versichert. Bei diesem Versicherten liegt also eine neu diagnostizierte (ambulante) Diagnose im 3. Quartal 2006 vor.

Im zweiten Beispiel trat der Versicherte im 2. Quartal 2006 der Kasse bei und ist durchgängig versichert. Hier ist der Versicherte in den ersten vier Quartalen diagnosefrei und hatte im 2. Quartal 2007 die erste ambulante Diagnose. Bei diesem Versicherten liegt also eine neu diagnostizierte Diagnose im 2. Quartal 2007 vor.

Im dritten dargestellten Beispiel ist der Versicherte bis zur ersten stationären Diagnose durchgängig versichert und wurde im 3. Quartal 2006 dann stationär behandelt mit der Entlassungsdiagnose einer Depression oder Angststörung. Im dritten Beispiel liegt also eine neu diagnostizierte (stationäre) Diagnose im 3. Quartal 2006 vor.

Tabelle 20: Beispiele von neu diagnostizierten Fällen von Depression (oder Angststörung)⁴

Quartal	1. Beispiel Kassenbeitritt vor 2005	2. Beispiel Kassenbeitritt in 2006	3. Beispiel stationäre Diagnose
1 (1/2005)	d	-	d
2 (2/2005)	d	-	d
3 (3/2005)	d	-	d
4 (4/2005)	d	-	d
5 (1/2006)	d	-	d
6 (2/2006)	d	d	d
7 (3/2006)	A	d	S
8 (4/2006)	d	d	d
9 (1/2007)	d	d	d
10 (2/2007)	A	A	d
11 (3/2007)	-	d	d
12 (4/2007)	-	A	d
13 (1/2008)	d	d	d
...			

Legende: d = durchgängig versichert für dieses Quartal, A = gesicherte ambulante Diagnose, S = stationäre Diagnose, schattierte Kästen markieren die „Erkrankungs-Quartale“

Bei Kassenwechslern bestünde theoretisch die Möglichkeit, dass diese Personen doppelt als Fall bzw. als Kontrolle gezogen werden (einmal ausgehend von einer Krankenkasse und ein anderes Mal ausgehend von einer anderen Krankenkasse). Praktisch dürfte ein Wechsel zwischen den Krankenkassen allerdings zu vernachlässigen sein. Diesbezüglich ist darauf hinzuweisen, dass als wichtigstes Motiv für den Kassenwechsel die Kostenersparnis durch einen niedrigeren Beitragssatz anzusehen ist. Im Untersuchungszeitraum wiesen alle einbezogenen Krankenkassen einen Beitragssatz in der Nähe des durchschnittlichen Beitragssatzes auf. Somit waren die Kassen für Kassenwechsler „aus Kostengründen“ seinerzeit nicht attraktiv.

Es ist weiterhin denkbar, dass bei Versicherten zwei Ereignisse dokumentiert sind, die die Kriterien für ein „neu diagnostiziertes“ Ereignis erfüllen (z. B. Ereignis in 2006 bei diagnosefreiem Vorlauf 2005 und dann erneut 2009 bei diagnosefreien Jahren 2007 und 2008). In diesen Fällen wurde nur das erste „neu diagnostizierte“ Ereignis aus dem Jahr 2006 gezählt. Folgeereignisse wurden lediglich im Rahmen der Untersuchungen zu Rezidiven analysiert.

Stationäre und ambulante Diagnosen

Um ggf. unterschiedliche Einflussfaktoren auf stationär und ambulant behandelte psychische Erkrankungen aufzeigen zu können, wurden für Depression und Angststörungen zusätzlich stratifizierte Auswertungen für Patient*innen mit jemaliger stationärer Behandlung und mit ausschließlich ambulanter Behandlung durchgeführt.

3.1.2.5.2 Einbezogene Probanden ohne Krankheitsereignis

In die Auswertungen wurden neben den Versicherten mit einem neu diagnostizierten Krankheitsereignis alle Versicherten einbezogen, die die jeweilige Erkrankung in dem Berichtszeitraum 2005 bis 2010 nicht aufweisen, im Jahr 2010 ein Alter von mindestens 40 Jahre erreicht hatten und mindestens vier Quartale hintereinander im gesamten Berichtszeitraum durchgängig versichert waren. Probanden, welche während der Follow up-Periode eine oder mehrere „vereinzelte“ ambulante Diagnosen aufwiesen, die niemals innerhalb von 4 Quartalen liegen, wurden

⁴ Bei Demenzerkrankungen gelten die Kriterien für ein „neu diagnostiziertes“ Ereignis schon bei einer einzigen gesicherten ambulanten Diagnose als erfüllt.

aus der Studienkohorte ausgeschlossen. Ebenso wurden Personen unter 40 Jahren beim ersten identifizierten neu diagnostizierten Krankheitsereignis ausgeschlossen.

3.1.2.5.3 Personenmonate

Die individuellen Beobachtungszeiträume für die Kohortenstudie stellen die Personenmonate der fallgruppenspezifischen Kohorte vom Eintritt des Versicherten in die Studie bis zum ersten Ereignis bzw. bis zur Zensierung dar. Versicherte, die im Studienzeitraum niemals ein Ereignis bekamen, wurden zum Studienende zensiert (rechts zensiert). Verstarb ein Versicherter oder wechselte er die Krankenkasse und liefert somit keine Daten mehr, wurde er ebenso zensiert. Ein Quartal zählt mit 3 Monaten. Nicht durchgängig versicherte Quartale wurden dabei nicht gewertet, und das Ereignisquartal eines Krankheitseintritts, Todes oder Versicherungsendes zählte mit 1,5 Monaten (d.h. es wird vereinfachend davon ausgegangen, dass die Diagnosen in einem Quartal gleichmäßig verteilt sind). Durch die Möglichkeit eines Krankenkassenwechsels entspricht dieser Ansatz dem eines dynamischen Kohortenansatzes.

Es konnte im Einzelfall vorkommen, dass Versicherte gemäß den Krankenkassendaten den Status „Tod“ (T) erhalten hatten, in den folgenden Quartalen jedoch wieder durchgängig versichert waren (Status d). Folgt auf den Status T mindestens zwei Quartale mit Status d, so wurde von einer Fehlkodierung ausgegangen und der Status T durch den Status d ersetzt. Folgt auf den Status T nur ein weiteres Quartal bis zum Studienende mit Status d, so wurde nicht von einer Fehlkodierung ausgegangen, und der Versicherte galt als verstorben.

Die folgende Tabelle 21 stellt beispielhaft die Berechnung von Personenmonaten bei drei verschiedenen Versicherten dar.

Im 1. Beispiel handelt es sich um einen Versicherten, der durchgängig bei einer Krankenkasse versichert war und bei dem im 3. Quartal 2006 erstmalig eine entsprechende Erkrankung als gesichert neu diagnostiziert wurde. Somit „erhält“ diese Person 19,5 Monate (6½ Quartale).

Im 2. Beispiel ist ein Versicherter dargestellt, der durchgängig bei der Krankenkasse versichert war, keine gesicherte Diagnose für eine Zielerkrankung aufweist und schließlich im 3. Quartal 2007 verstorben ist. Diese Person geht mit 22,5 Personenmonate in die Analysen ein (7½ Quartale).

Das 3. Beispiel verdeutlicht den Verlauf eines gesunden, nicht durchgängig Versicherten. Der Versicherte erhält insgesamt 21 Personenmonate (7 versicherte Quartale).

Tabelle 21: Beispiele für die Definition von Personenmonaten

Quartal	Erkranktes Kohortenmitglied im Quartal 3/2006	Nicht erkranktes Kohortenmitglied	Nicht durchgängig versichertes, nicht erkranktes Kohortenmitglied
1 (1/2005)	d	-	-
2 (2/2005)	d	-	d
3 (3/2005)	d	-	d
4 (4/2005)	d	d	d
5 (1/2006)	d	d	d
6 (2/2006)	d	d	-
7 (3/2006)	F	d	-
8 (4/2006)	d	d	d
9 (1/2007)	d	d	-
10 (2/2007)	F	d	d
11 (3/2007)	-	T	d
12 (4/2007)	-	-	-
13 (1/2008)			
...			
Personenmonate	19,5	22,5	21

Legende: d = durchgängig versichert für dieses Quartal, F = gesicherte Diagnose, T = Tod

3.1.2.6 Potenzielle Confounder, intermediäre Faktoren, Effektmodifikatoren

In Tabelle 22 sind bekannte bzw. in der Literatur begründete diskutierte Risikofaktoren für Depression, Angststörungen und Demenzerkrankungen abgebildet. Da es deutliche Hinweise auf Überlappungen (und auch auf gemeinsame pathophysiologische Entstehungswege) zwischen den beiden Hauptformen der Demenzerkrankungen gibt, wurde an dieser Stelle keine Trennung zwischen den beiden Hauptformen der Demenzerkrankungen vorgenommen. Ebenso zeigen Depression und Angststörungen Überlappungen. Aus diesem Grund wurden auch hier die Risikofaktoren für Depression und Angststörungen gemeinsam betrachtet.

Tabelle 22: Gesicherte bzw. diskutierte Risikofaktoren der untersuchten psychischen Erkrankungen

Gemeinsame Risikofaktoren von Depressionen, Angststörungen und Demenzerkrankungen (Alzheimer-Typ und vaskuläre Demenz)

Alter, Geschlecht, Übergewicht (im mittleren Alter bei Demenz), soziale Unterstützung/ Netzwerk, körperliche Aktivität, sozioökonomischer Status (einschließlich Bildungsstatus und Einkommen), Rauchen, Alkoholkonsum/-missbrauch, berufliche Belastung, Urbanität, Luftverschmutzung/ Feinstaubbelastung

weitere diskutierte Risikofaktoren

Familienstatus, Lebensereignisse in Kindheit und Jugend, Persönlichkeitsstörung, psychische Erkrankungen (auch in der Familie), körperlicher/sexueller Missbrauch, Gesundheitszustand, kognitive Beeinträchtigung

Krankheitsgruppen-spezifische Risikofaktoren Depressionen und Angststörungen

Traumatische Ereignisse (z.B. körperlicher Missbrauch in der Kindheit)

Demenzerkrankungen

Bluthochdruck, Diabetes mellitus, Schlaganfall, Depression, Bypass-OP, Ernährung, Schädel-Hirn-Trauma

Krankheitsgruppen-spezifische Risikofaktoren Depressionen und Angststörungen	Demenzerkrankungen
<p><i>weitere diskutierte Risikofaktoren</i> metabolische Risikofaktoren, Schlafstörungen, Drogenmissbrauch (auch in Familie), Probleme im sozialen Umfeld, neue Erkrankungen, Schlafstörungen, selbst wahrgenommene Gesundheit, Trauer und Seh- oder Hörbeschwerden, parentale Eigenschaften, Selbstachtung, Gestörte familiäre Umgebung, affektive Unterstützung während Kindheit</p>	<p><i>weitere diskutierte Risikofaktoren</i> ApoE-Genotyp, kognitives Training, Schlafstörungen, moderater Alkoholgenuss, Hyperlipidämie</p>

Quellen: Köhler et al. 2018, de Graaf et al. 2002, Cole & Dendukuri 2003, Seidler et al. 2004, Hölzel et al. 2010, Peen et al. 2010, Blanco et al. 2014, Moreno-Peral et al. 2014, Seidler et al. 2014, Then et al. 2014, Baumgart et al. 2015, Deckers et al. 2015, Abner et al 2016, Petersson & Philippou 2016, Zhang et al. 2016, Expertise ISAP

Als Confounder gelten nur die individuellen Charakteristika, Lebensumstände und Lebensstil-Faktoren, welche die Entstehung von Depression, Angststörung, oder Demenz (kausal) begünstigen bzw. verhindern und auch die Verkehrslärmexposition (kausal) beeinflussen. Besonders in Beobachtungsstudien kann die Verteilung von Confoundern in der Studienbevölkerung die Schätzung von expositionsbedingten Erkrankungsrisiken beeinträchtigen⁵. Ein Risikofaktor wurde dann als potenzieller Confounder aufgefasst, wenn es Evidenz (zum Beispiel aus systematischen Übersichtsarbeiten, aus einzelnen Studien mit hinreichender methodischer Qualität) für eine Assoziation mit der Erkrankung gibt (z.B. de Graaf et al. 2002, Cole & Dendukuri 2003, Hölzel et al. 2010, Peen et al. 2010, Blanco et al. 2014, Moreno-Peral et al. 2014, Seidler et al. 2004, 2014, Then et al. 2014, Baumgart et al. 2015, Deckers et al. 2015, Abner et al 2016, Petersson & Philippou 2016, Zhang et al. 2016) und wenn weiterhin auch eine direkte oder indirekte (über andere Faktoren) Beeinflussung der Verkehrslärmexposition am Wohnort angenommen werden kann. Es ist zum Beispiel nicht zu erwarten, dass das Vorkommen von ApoE-Genotypen mit der Verkehrslärmexposition am Wohnort zusammenhängt (auch nicht indirekt über weitere Faktoren). Deswegen wird dieser Risikofaktor für die Demenzerkrankungen nicht weiter als potenzieller Confounder berücksichtigt.

Ebenfalls ist es möglich, dass der Effekt der Exposition auf die Zielgröße auch über eine dritte Variable beschrieben werden kann (intermediärer Faktor, auch Mediatorvariable genannt). Die Exposition hat dabei Einfluss auf den intermediären Faktor, welcher weiterhin einen Einfluss auf die Zielgröße hat. Im Gegensatz zu den Confoundern werden intermediäre Faktoren von der Verkehrslärmexposition beeinflusst und gehen der Erkrankung voran. Der ApoE-Genotyp kommt auch nicht als intermediärer Faktor in Frage, weil eine Beeinflussung der Verkehrslärmexposition fehlt. Übergewicht kann dagegen zunächst als Beispiel für einen intermediären Faktor verstanden werden: eine mit Verkehrslärm einhergehende Belästigung könnte einen Stressfaktor darstellen, der eine erhöhte Nahrungsaufnahme zur Folge haben könnte und psychischer Erkrankungen begünstigen könnte. Auf dieser Grundlage wäre Übergewicht kein Confounder, und es wäre nicht für Übergewicht (bzw. für den Body-Mass-Index) zu adjustieren. Es ist jedoch auch möglich, dass übergewichtige Personen tendenziell (z.B. aufgrund eines stärkeren Bedürfnisses nach Bewegung oder aber auch aufgrund eines geringer ausgeprägten Gesundheitsbewusstseins) eine „grüne“ und damit i.d.R. verkehrsrärmere Wohnlage stärker oder schwächer präferieren als nicht übergewichtige Personen. In diesem Fall wäre Übergewicht (bzw. der Body-Mass-Index) ein Confounder, und es wäre für diesen Faktor zu adjustieren. Nun kann es durchaus vorkommen, dass ein Faktor (z.B. Übergewicht) „gleichzeitig“ einen intermediären

⁵ Die "klassische Definition" des Confoundings erforderte nur eine Assoziation zwischen Confounder und Exposition.

Faktor und einen Confounder darstellt. Unterstützt durch das nachfolgend beschriebene Verfahren der Directed Acyclic Graphs (DAG) wurde versucht, hier den jeweils stärksten Effekt eines Faktors (also die vornehmliche Richtung des Kausalzusammenhangs) im Grundmodell zu berücksichtigen. Für Faktoren, die überwiegend oder eher intermediäre Faktoren als Confounder darstellen (z.B. Übergewicht), wurde im Grundmodell zunächst nicht adjustiert. Allerdings wurde im zusätzlichen „Direkte Effekte“-Modell auch für diese – überwiegend als intermediäre Faktoren verstandenen – Variablen adjustiert. Da bei diesen Variablen nicht ausgeschlossen werden kann, dass sie auch (wenn auch in geringerem Umfang) als Confounder wirken, wurden die Risikoschätzer des Grundmodells mit den Risikofaktoren des „Direkte Effekte“-Modells verglichen. Sofern sich die Risikoschätzer des „Direkte Effekte“-Modells nicht wesentlich von den Risikoschätzern des Grundmodells unterscheiden, kann ein Confounding (auch) durch die zusätzlich in das „Direkte Effekte“-Modell einbezogenen Variablen weitgehend ausgeschlossen werden.

Schließlich ist es bei der Untersuchung der gesundheitlichen Auswirkungen von Verkehrslärm nicht immer möglich, die Verkehrslärm-Exposition von anderen Expositionen (z.B. von der Schadstoffbelastung) eindeutig zu trennen. Mehreren Untersuchungen zufolge stellt die Schadstoffbelastung der Luft einen Einflussfaktor auf psychische Erkrankungen dar, insbesondere auf Depressionen (Tzivian et al. 2015, Kim et al. 2016, Pun et al. 2016). Deswegen ist Schadstoffbelastungen als eine konkurrierende Exposition (Greenland 2008) zu berücksichtigen. Die Schadstoffbelastung hängt hauptsächlich mit dem Straßenverkehr zusammen. Somit sollte die Auswirkung der Luftschadstoffbelastung auf die Schienen- und Luftverkehrslärm-bedingten Erkrankungsrisiken gering sein. Jedoch liegen im Rahmen der NORAH-Studie zu Krankheitsrisiken keine Daten zur Schadstoffbelastung vor, sodass dieser Faktor hier nicht berücksichtigt werden kann. Durch die Adjustierung für Luftschadstoffe und für andere „konkurrierende“ oder nicht klar vom Verkehrslärm abzugrenzende Expositionen ist das „Direkte Effekte“-Modell in der Lage, in solchen Situationen den „isolierten“ Verkehrslärm-Effekt abzuschätzen. Allerdings ist davon auszugehen, dass mit dem „Direkte Effekte“-Modell nur ein Teil des Kausaleffektes von Verkehrslärm auf psychische Erkrankungen abgebildet werden kann (nämlich der Teil, der nicht über die ins Modell einbezogenen intermediären Faktoren verläuft). Insofern tendiert das „Direkte Effekte“-Modell zur Unterschätzung des tatsächlichen Kausaleffektes von Verkehrslärm auf psychische Erkrankungen.

Die graphische Darstellung durch „Directed Acyclic Graphs“ von Risikofaktoren und deren Beziehung mit der Verkehrslärmexposition und psychischen Erkrankungen kann helfen, Confounder und intermediäre Faktoren zu erkennen und zu differenzieren. Ob ein Faktor den Effekt der Verkehrslärmexposition auf psychische Erkrankungen moderiert (Effektmodifikation), kann nur mit Hilfe von statistischen Analysen, wie Regressionsmodellen mit Interaktionstermen oder stratifizierten Auswertungen erforscht werden.

Risikofaktoren, die als potenzielle Confounder oder Effektmodifikatoren Berücksichtigung fanden, sind in Tabelle 22 fett gedruckt.

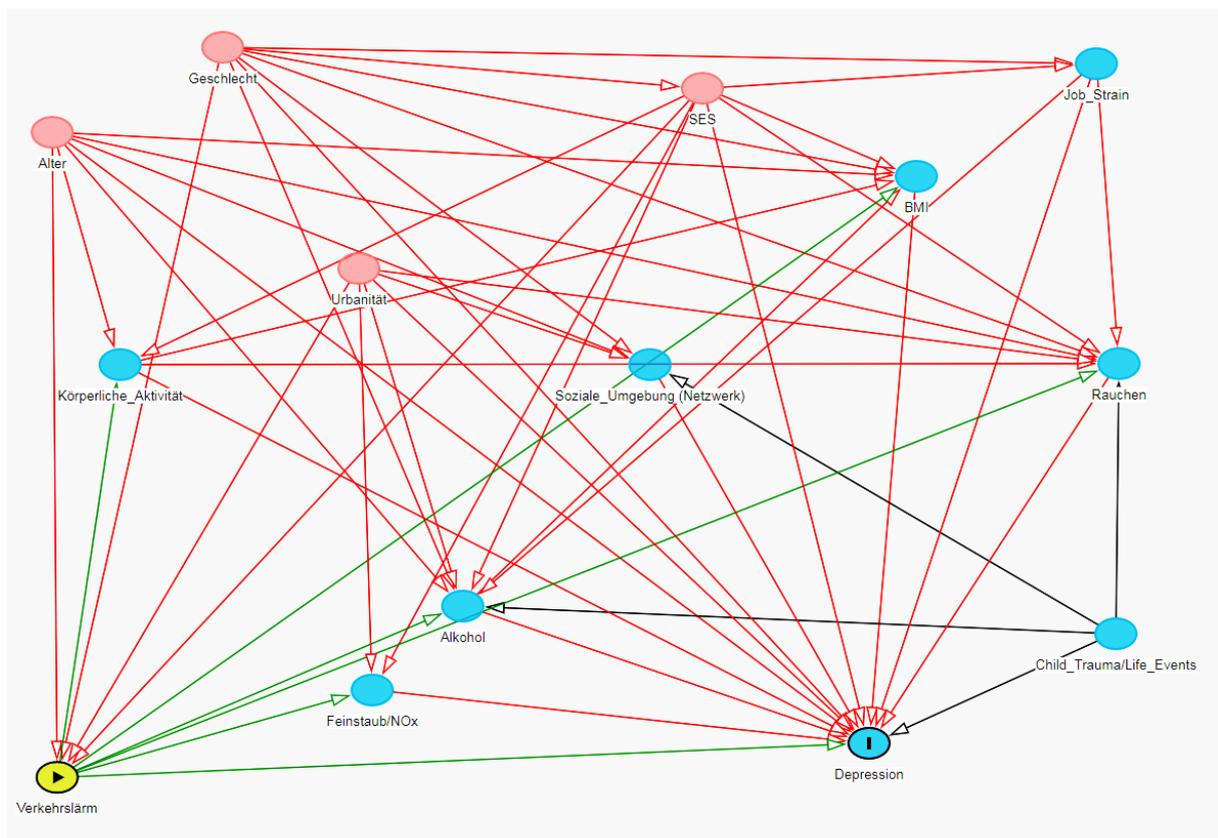
3.1.2.6.1 Confounder

Auf der Grundlage von „Directed Acyclic Graphs“ (DAGs) wurden mithilfe des Programms DAGitty (Textor et al. 2013) die kausalen Beziehungen zwischen Verkehrslärmexpositionen, individuellen Charakteristika, Lebensumständen und Lebensstil-Faktoren und den Outcomes Depression, Angststörungen sowie Demenzerkrankungen graphisch dargestellt und geprüft. Die Festlegung der Kausalzusammenhänge erfolgte unter Berücksichtigung einer selektiven Litera-

tursichtung und von Expertenwissen. Depression und Angststörungen werden in einem Kausal-diagramm zusammengefasst, weil sich deutliche Überlappungen zwischen diesen Krankheitsbil- dern finden und die Risikofaktoren für beide Erkrankungen vergleichbar sind (Abbildung 9).

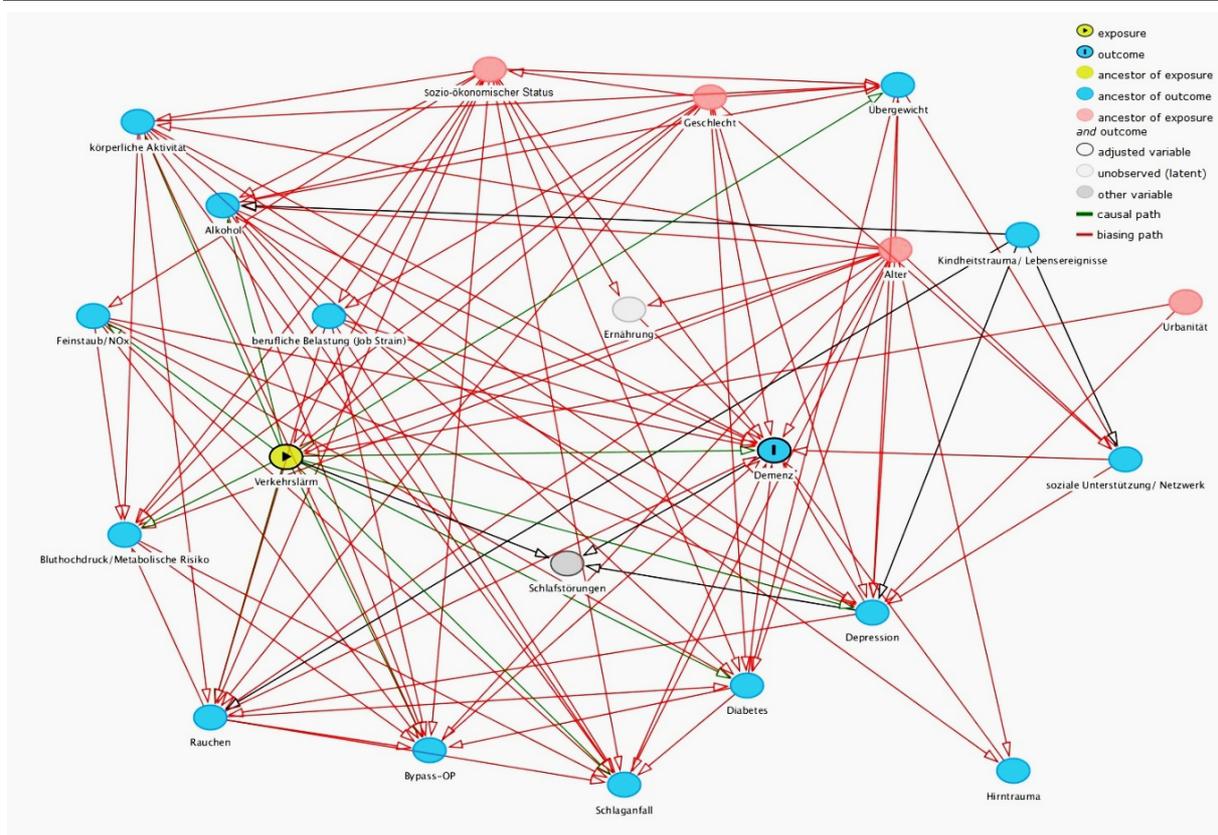
Für Demenzerkrankungen durch Verkehrslärm ist ein Kausal-diagramm in Abbildung 10 darge- stellt. Konnte ein Faktor für die Analyse nicht ausreichend erfasst werden, wurde er als „unob- served (latent)“ in das DAG eingegeben. Dies ist beispielsweise bei Ernährung der Fall. Der Stand der Forschung deutet daraufhin, dass gesunde Ernährung kognitiven Beeinträchtigungen und Demenz vorbeugt (Baumgart et al. 2015). Es ist jedoch noch nicht genau geklärt, welche einzel- nen Bestandteile dafür verantwortlich sind.

Abbildung 9: DAG für Verkehrslärm und Depression sowie Angststörungen



Quelle: eigene Darstellung, Institut für Arbeits-und Sozialmedizin, TU Dresden

Abbildung 10: DAG für Verkehrslärm und Demenz



Quelle: eigene Darstellung, Institut für Arbeits- und Sozialmedizin, TU Dresden

Basierend auf den abgebildeten kausalen Beziehungen werden Variablen für die Regressionsmodelle („Adjustment Sets“) ausgewählt (Tabelle 23). Es wurden zwei unterschiedliche Modelle ausgewählt: 1. ein Grundmodell zur Beschreibung des Gesamteffekts („Totale-Effekte-Modell“) und ein 2. Modell, das nur den direkten Effekt („Direkte-Effekte-Modell“) zwischen der Exposition und dem jeweiligen Outcome ohne den Einfluss von intermediären und anderen mit der Exposition assoziierten Faktoren darstellt. Beide DAGs ergeben, dass die Berücksichtigung von Alter, Geschlecht, sozioökonomischem Status (SES) und Urbanität als Confounder in einem Modell ausreichen, um nicht-verzerrte Risikoschätzer für den Gesamteffekt zu ermitteln.

Es gibt Hinweise auf einen Zusammenhang zwischen Depression/Angststörungen und Rauchen/Alkoholkonsum (Lai et al. 2015, Boden et al. 2011, Köhler et al. 2018). Allerdings ist die diesbezügliche Evidenz auf der Grundlage einer aktuellen systematischen Übersichtsarbeit (Köhler et al. 2018) nicht konsistent. Überdies können Rauchen und Alkoholkonsum nicht nur ein mögliches Risiko für psychische Krankheiten darstellen, sondern sie können auch eine Folge von psychischen Belastungen bzw. Erkrankungen sein. Somit kann die Betrachtung des Einflusses von Rauchen und Alkoholkonsum nur im Längsschnittstudiendesign erfolgen. Da allerdings nicht bekannt ist, ob vor der jeweils „neu diagnostizierten“ psychischen Störung schon vorherige Episoden psychischer Störungen stattgefunden haben – die dann den Zigaretten- und Alkoholkonsum beeinflusst haben könnten –, ist die Kausalrichtung auch im Längsschnittdesign nicht ohne Weiteres abzubilden. Daher wurden die Variablen Rauchen und Alkoholkonsum nicht in das allgemeine „Direkte Effekte“-Modell zur Abbildung der Depressionsrisiken einbezogen. Al-

lerdings wurden die Variablen Alkoholkonsum und Rauchen in einem zusätzlichen (dritten) Modell in das „Direkte-Effekte-Modell“ aufgenommen, um deren Effekt auf die geschätzten Risiken für Depression und Angststörungen zu prüfen.

In der sekundärdatenbasierten Kohortenstudie kann nur das Grundmodell („Totale-Effekte-Modell“) angewendet werden. Das „Direkte-Effekte-Modell“, welches insbesondere den Einfluss intermediärer Faktoren auf die Risikoschätzer untersucht, wurde nur im Rahmen der Analyse der vertiefenden Befragung der NORAH-Studie zu Krankheitsrisiken und im Rahmen der im zweiten Teil des Analyseplans beschriebenen eingesetzt.

Tabelle 23: DAG-basierte „Adjustment Sets“

Grundmodell (Gesamteffekt von Verkehrslärm) für Depressionen, Angststörungen und Demenzerkrankungen	„Direkte-Effekte-Modell“ für Depressionen und Angststörungen	„Direkte-Effekte-Modell“ für Demenzerkrankungen
Alter	Alter	Alter
Geschlecht	Geschlecht	Geschlecht
Sozioökonomischer Status (SES)	Sozioökonomischer Status (SES)	Sozioökonomischer Status (SES)
Urbanität ⁶	Urbanität	Urbanität
	Übergewicht (BMI)	Übergewicht (BMI)
	Kindheitstrauma/ Lebensereignisse	Bluthochdruck, Bypass-OP, Schlaganfall, Diabetes
	Feinstaub, NO _x	Feinstaub, NO _x
	Berufliche Belastung (Job Strain)	Berufliche Belastung (Job Strain)
	Körperliche Aktivität	Körperliche Aktivität
		Soziale Unterstützung/ Netzwerk
		Rauchen
	Zusätzlich: Rauchen und Alkoholkonsum ⁷	Alkoholkonsum

3.1.2.6.2 Effektmodifikation

Eine Effektmodifikation liegt dann vor, wenn der Einfluss eines Faktors (Lärm) auf eine Erkrankung (z.B. Depression) durch das Vorliegen eines anderen Faktors (z.B. Geschlecht) modifiziert wird.

⁶ Studien finden einen Zusammenhang zwischen Urbanität und dem Vorkommen von psychischen Beschwerden und Demenz. Inwieweit diese Assoziation auf einer dichteren städtischen Gesundheitsversorgung beruht, bleibt in der Gesundheitsforschung abzuklären.

⁷ Rauchen und Alkoholkonsum können auch eine Folge von Depression und Angststörungen sein und werden deswegen nur im Längsschnitt betrachtet.

Die folgenden Faktoren wurden in der Analyse der vertiefenden Befragung als potenzielle Effektmodifikatoren untersucht:

- ▶ Alter
- ▶ Geschlecht
- ▶ Lärmbelästigung
- ▶ Lärmschutzmaßnahmen

Es ist darauf hinzuweisen, dass ein Faktor auch gleichzeitig ein Effektmodifikator und ein intermediärer Faktor darstellen kann: so könnte die lärmbedingte Verursachung von Depressionen zumindest teilweise über den „Zwischenschritt“ einer Lärmbelästigung verlaufen. Auch vor Gesundheitsschäden schützende Lärmschutzmaßnahmen sind als „Folge“ einer Lärmbelastung und damit als intermediäre Faktoren aufzufassen.

3.1.2.6.3 Beschreibung einzelner Faktoren des Grundmodells

3.1.2.6.3.1 Alter

Im Rahmen der Sekundärdatenanalyse wurde das Alter in 5-Jahres-Kategorien in die multivariaten Regressionsanalysen einbezogen. Studienteilnehmer über 100 Jahre werden aus Datenschutzgründen der Alterskategorie „>100 J“ zugeordnet. Es wurde das jeweilige Alter des Versicherten beim Eintrittsjahr in die Studie verwendet. Somit kann sich der Zeitpunkt der Altersbestimmung zwischen den Versicherten je nach Studieneintritt unterscheiden. Es wurde sichergestellt, dass der Versicherte zu diesem Zeitpunkt noch der Krankenkasse zugehörig und nicht verstorben war.

Es wurde überprüft, ob eine Effektmodifikation (nur bei Depression insgesamt und bei Personen mit bekanntem individuellem Sozialstatus) durch das Alter vorliegt. Dazu wurden zwei Subgruppen (Median des Alters bei Depressionsdiagnose) getrennt voneinander analysiert, und die Verkehrslärm-bezogenen Effektschätzer wurden verglichen.

Wegen des erhöhten Alters bei Eintritt von Demenzerkrankungen, wurde keine Prüfung der Effektmodifikation durch das Alter bei Demenzerkrankungen vorgenommen.

3.1.2.6.3.2 Geschlecht

Es erfolgte eine zusätzliche Analyse für Frauen und Männer getrennt (nur für die Hauptanalyse).

3.1.2.6.3.3 Sozialstatus

Im Rahmen der sekundärdatenbasierten Kohortenstudie wurde der Sozialstatus durch Informationen zum Bildungsniveau und Beruf im Jahr 2005 aus dem Tätigkeitskennzeichen (sofern vorhanden), sowie einheitlich auf regionaler Ebene durch den Anteil der SGBII-Quote abgebildet.

Informationen zum Sozialstatus (Bildung und Beruf) fehlen in den Sekundärdaten für etwa 60 % der Probanden bei der NORAH-Studie für Krankheitsrisiken. Wenn Analysen auf Versicherte mit bekanntem individuellem Sozialstatus beschränkt waren, ergaben sich generell höhere verkehrslärmbedingte Risiken für eine Depression (Seidler et al. 2017). Dementsprechend wurden

in der vorliegenden Studie auch Sensitivitätsanalysen durchgeführt, in denen nur Versicherte mit bekanntem individuellem Sozialstatus eingeschlossen wurden.

3.1.2.6.3.4 Urbanität

Größere Städte sind oft aufgrund der Bevölkerungsdichte durch erhöhte Mengen an Straßenverkehrslärm, Schienenverkehrslärm und Fluglärm gekennzeichnet. Studien finden einen Zusammenhang zwischen Urbanität und dem Auftreten von psychiatrischen Beschwerden sowie Demenz (Peen et al. 2010, Wörn et al. 2017, Zijlema et al. 2015). Aus diesem Grund wurde Urbanität als Confounder betrachtet und anhand der Städtegröße ermittelt. Städte mit mehr als 100.000 Einwohnern wurden als Großstädte und „urban“ klassifiziert.

3.1.2.7 Statistische Auswertung

Alle Auswertungen erfolgten an anonymisierten Daten⁸. Das Signifikanzniveau wurde für alle statistischen Tests auf 5% festgelegt.

3.1.2.7.1 Deskriptive Statistik

Im Rahmen der deskriptiven Statistik wurden alle relevanten Ziel- und Einflussvariablen dargestellt und je nach Skalenniveau verschiedene Lage- und Streuungsmaße angegeben (z. B. Häufigkeiten, arithmetisches Mittel) und entsprechend visuell (z. B. Tabellen, Histogramme) aufbereitet.

3.1.2.7.2 Berechnung von Inzidenzraten-Ratios (IRR)

Die Ermittlung der Erkrankungsrisiken erfolgte durch Berechnung der Inzidenzraten-Ratios (IRR)⁹. Dazu wurden multivariate Poisson-Regressionsanalysen (auch „log-linear Modell“ genannt) durchgeführt, bei denen die neu aufgetretene Depression, Angststörung und Demenzerkrankung getrennt voneinander als „abhängige Variablen“ und die Verkehrslärmparameter des Jahres 2005 als „unabhängige Variablen“ einfließen. Die Beobachtungszeit wurde in Form von Personenmonaten als "Offset" in das Modell eingebunden (Mwangi, 2008).

In der Hauptanalyse wurden der 24h-Dauerschallpegel ($L_{pAeq,24h}$) und der nächtliche Mittelungspegel ($L_{pAeq,Nacht}$) separat für Straßenverkehrslärm, Schienenverkehrslärm und Fluglärm betrachtet. Im Rahmen der Hauptanalyse ging die Lärmexposition jeweils als kategorisierte Variable (gruppiert in 5 dB-Kategorien) oder als kontinuierliche Variable in das Regressionsmodell ein. Auf eine Überprüfung der Angemessenheit eines linearen Modells wurde zunächst verzichtet, da der nichtlineare Verlauf (im Sinne einer umgekehrten U-Kurve) in der NORAH-Studie zu Krankheitsrisiken wesentlich auf den unbekanntem Sozialstatus bei einer hohen Zahl der Probanden zurückzuführen war; bei Einschränkung der Probanden auf Personen mit bekanntem Sozialstatus flachte sich die U-Kurve deutlich ab. Außerdem hat sich inzwischen in der Literatur

⁸ Im Unterschied zu den Auswertungen im Rahmen des NORAH-Studienverbands wird nicht mehr mit den pseudonymisierten Daten, sondern mit dem anonymisierten Auswertungsdatensatz gearbeitet (in dem potenziell identifizierende Angaben wie z.B. hohe Altersangaben kategorisiert wurden).

⁹ Wegen der begrenzten Anzahl von diskreten Zeiträumen (d.h. Versicherungsquartalen), wurden keine Berechnungen von Hazard Ratios aus der Cox-Regression durchgeführt. Die Cox-Regression findet vor allem bei kontinuierlichen Zeiträumen (z.B. Tage) Anwendung. Im Gegensatz dazu eignen sich Poissonmodelle, die die Inzidenzraten-Ratios schätzen, besser für größere diskrete Zeiträume (z.B. Jahre). Die Poisson-Regressionsanalysen setzen die Poisson-Verteilung voraus. Diese gleicht dem Mittelwert der Varianz. Bei sogenannter Überdispersion (Varianz > Mittelwert) wird die Anwendung eines alternativen Modells (z.B. Negative Binomial-Regression) in Erwägung gezogen.

das lineare Modell als „Grundmodell“ überwiegend etabliert. Insofern erscheint es gerechtfertigt, die Modelle zu einem linearen Verlauf zu „zwingen“. Mögliche nichtlineare Verläufe sind allerdings auf der Grundlage der kategorisierten Auswertungen zu erkennen und werden entsprechend diskutiert.

Als Sensitivitätsanalysen wurden alle vorgenannten Untersuchungen zusätzlich mit den gewichteten Mittelungspegeln (L_{DN}^{10}) durchgeführt. Eine Übersicht von allen Analysen findet sich in Tabelle 24.

Tabelle 24: Poisson-Regressionsmodelle der Sekundärdaten

Outcomes (Zielereignisse)	Analysen
<p>Depression (unipolare depressive Störungen)</p> <p>Angststörungen</p> <p>Demenzerkrankungen insgesamt</p> <p>3a. nur Demenzerkrankungen vom Alzheimer-Typ</p> <p>3b. nur vaskuläre Demenzen</p>	<p>Hauptanalysen</p> <p>$L_{pAeq,24h}$ in 5dB Kategorien</p> <p>$L_{pAeq,24h}$ kontinuierlich (Pro 10 dB)</p> <p>$L_{pAeq, Nacht}$ in 5dB Kategorien</p>
	<p>Sensitivitätsanalysen</p> <p>L_{DN} in 5dB Kategorien</p> <p><i>Beschränkung auf Personen mit Daten zu Bildung und Beruf (nur bei Depression)</i></p>
	<p>Stratifizierte Analysen</p> <p>Geschlecht</p> <p><i>Alter (Median nur bei Depression insgesamt und bei Personen mit bekanntem individuellem Sozialstatus)</i></p>

Die Regressionsmodelle beziehen die Confoundersets des oben beschriebenen Grundmodells ein. Alle Regressionsmodelle wurden somit für Geschlecht, Alter (5-Jahres-Kategorien), Bildung, Beruf und SGBII-Quote adjustiert (außer wenn es die Stratifizierung nicht zulässt). Die Auswertungen zu Depressionen und Angststörungen wurden zusätzlich für Urbanität adjustiert.

3.1.2.7.3 Verlauf psychischer Erkrankungen

Das Auftreten eines Krankheitsrezidivs wurde ausschließlich für die Krankheitsgruppe der Depressionen insgesamt (F32, F33, F34.1, F41.2) nach Falldefinition wie in Kapitel 3.1.2.4 beschrieben, untersucht.

Deskriptiv werden die Charakteristika (z.B. Altersverteilung, Geschlecht) der Personen ohne Rezidiv und mit mindestens einem Rezidiv dargestellt.

Mit Hilfe einer multivariaten Poissonregression wurden die Regressionsanalysen bei Versicherten mit einem Krankheitsrezidiv durchgeführt. Dabei wurden die Beobachtungszeiten von der Ausgangsdiagnose bis zum Rezidiv als Personenmonate gemessen.

¹⁰ Straßen- und Schienenverkehrslärm waren nur für den Tag (6-22h) und die Nacht (22-6h), nicht gesondert für den Abend verfügbar. Somit sind die L_{DEN} Werte nur für Fluglärm vorhanden.

3.1.2.8 Vertiefende Befragung („vertiefende Fallkontrollstudie“)

3.1.2.8.1 Stichprobengewinnung

Das ursprüngliche Ziel der vertiefenden Befragung bestand darin, den Einfluss wichtiger potenzieller Confounder auf die Lärmwirkungen zu beurteilen – hier insbesondere den Einfluss des Gesundheitsverhaltens (z. B. „Body-Mass-Index“, Rauchen, Alkoholkonsum) und des Sozialstatus. Dazu sollten die Risikoschätzer ohne Berücksichtigung dieser wichtigen potenziellen Confounder mit den Risikoschätzern mit Berücksichtigung dieser – in der Befragung erhobenen – potenziellen Confoundern verglichen werden.

In der Analyse der vertiefenden Befragung geht es somit weniger um statistische Signifikanzen als um die Frage, ob und inwieweit der Einbezug sozioökonomischer, Lifestyle-bezogener und weiterer personenbezogenen Faktoren zu einer Erhöhung oder Erniedrigung der Verkehrslärm-bezogenen Risikoschätzer führt.

Diese Frage nach einem möglichen unerkannten oder residualen Confounding wurde auf der Grundlage der depressiven Erkrankungen insgesamt untersucht. Angststörungen wurden dabei nicht separat beachtet, da sie für sich genommen zu geringe Fallzahlen aufweisen. Überdies sind die Angststörungen bereits in der Analyse der Depressionen enthalten, wenn sie in Kombination mit einer Depression auftreten. Auch der Einfluss von unerkanntem oder residuales Confounding in Bezug auf Demenzrisiken kann aufgrund der geringen Fallzahlen von Demenzerkrankten in der vertiefenden Befragung nicht analysiert werden.

Um die Auswirkung von Confoundern auf die Schätzung von Risiken für neu aufgetretene depressive Erkrankungen zu untersuchen, wurde zunächst eine geeignete Stichprobe der Teilnehmer*innen an der vertiefenden Befragung im Rahmen der NORAH-Studie zu Krankheitsrisiken gebildet. Die ursprüngliche Auswahl von zu befragenden Versicherten diente dem Ziel, unerkanntes und residuales Confounding bei der Ermittlung der Risiken von Herzinfarkt, Schlaganfall, Herzinsuffizienz und hypertensiver Herzkrankheit zu untersuchen. Aus diesem Grund waren alle Personen mit einer zwischen 2006 und 2010 neu aufgetretenen Diagnose einer der vor genannten Herz-Kreislauf-Erkrankungen sowie eine zufällige Stichprobe von nicht-erkrankten Kontrollpersonen aus dem GKV-Versichertenpool eingeladen, an der Befragung teilzunehmen. Durch das beschriebene Verfahren der Stichprobenziehung wurden Personen mit Herz-Kreislauf-Erkrankungen gezielt überrepräsentiert. Um im Rahmen der vorliegenden Untersuchung neu aufgetretene depressive Erkrankungen untersuchen zu können, musste zunächst eine repräsentative Stichprobe „künstlich“ wiederhergestellt werden. Hierzu wurde nur eine zufällige Teilgruppe der befragten Teilnehmer*innen mit kardiovaskulären Erkrankungen einbezogen, um den Anteil von kardiovaskulären Erkrankungen (bei Personen mit und ohne eine neu aufgetretene depressive Erkrankung) an den Anteil von kardiovaskulären Erkrankungen in der gesamten versicherten Bevölkerung wieder anzugleichen. Um die Verteilung von kardiovaskulären Erkrankungen in den Sekundärdaten widerzuspiegeln, wurde die Häufigkeit von kardiovaskulären Erkrankungs-Konstellationen (z.B. Herzinfarkt zusammen mit Schlaganfall) als Gewichtungsfaktor für die Ziehung verwendet. Der Anteil der kardiovaskulären Erkrankungen bei den Versicherten mit und ohne Diagnose einer neu aufgetretenen Depression ist annähernd gleich. Es werden insgesamt $n = 2678$ Personen ohne und $n = 345$ mit Diagnose einer neu aufgetretenen Depression in die Analysen einbezogen.

Die gezogene Stichprobe enthält 3023 zufällig ausgewählte Versicherte, die im Rahmen der NORAH-Studie zu Krankheitsrisiken an der Befragung teilgenommen hatten. Bei etwa 11% ($n=345$)

dieser zufällig ausgewählten Versicherten liegt eine Depressionsdiagnose im Erhebungszeitraum vor. Das Lebenszeitrisko, an einer Depression zu erkranken, liegt bei 11,6% (Busch et al. 2013, Jacobi et al. 2014). Dieser Vergleich spricht für die Repräsentativität der Stichprobe für die Allgemeinbevölkerung.

3.1.2.8.2 Selektion der Confounder

Ausgehend von der vertiefenden Befragung besteht die Möglichkeit, neben den bereits in den Versichertendaten vorliegenden potenziellen Confoundern der Sekundärdatenanalyse auch noch die weiteren potenziellen Confounder und intermediären Faktoren entsprechend Kapitel 3.1.2.6 zu untersuchen. Auch die in diesem Kapitel dargestellten potenziellen Effektmodifikatoren wurden in der Auswertung der vertiefenden Fallkontrollstudie analysiert.

3.1.2.8.3 Umgang mit dem sozioökonomischen Status als Confounder und mit den Confoundern des „Direkten-Effekte-Modells“

Zusätzlich zu den Faktoren im Grundmodell wurden weitere Faktoren bei der vertiefenden Befragung in der NORAH-Studie zu Krankheitsrisiken erhoben. Zum einem wurden wichtige Confounder wie der sozioökonomische Status detaillierter erfasst. Zum anderen wurden Fragen zur Person und der Lebenssituation im Jahr 2005, sowie zur Lärmbelästigung und Lärmschutzmaßnahmen erfragt.

3.1.2.8.3.1 Sozioökonomischer Status

Im Rahmen der vertiefenden Befragung wurde der Sozialstatus über das monatliche Nettoeinkommen, die berufliche Stellung sowie Bildung und Ausbildung definiert. Dazu wurde der „Soziale-Schicht-Index“ mit Punktzahlen von 3 (niedrig) bis 21 (hoch) nach Winkler und Stolzenberg (1999) gebildet und zusätzlich in den multivariaten Analysen verwendet. Die berufliche Stellung im Jahr 2005 (d.h. vor der neu diagnostizierten Erkrankung) wurde zur Bildung des Winkler-Index genutzt. Da nicht ohne Weiteres von einem linearen Einfluss des Sozialstatus auf die betrachteten Outcomes auszugehen war, wurden die Winkler-Indices für die Analysen in sechs Kategorien unterteilt (d.h. 3 bis 5, 6 bis 8, 9 bis 11, 12 bis 14, 15 bis 17 und 18 bis 21). Diese Einteilung ist gegenüber der ursprünglichen Kategorisierung von Winkler und Stolzenberg 1999 differenzierter (ursprüngliche Einteilung: niedrig: 3-8, mittel: 9-14 und hoch: 15-21).

Der Einfluss des individuellen sozioökonomischen Status nach Winkler und Stolzenberg (1999) wurde in einem zusätzlichen Modell analysiert. Dafür wurde das Grundmodell (siehe Tabelle 25) zusätzlich auf den SES nach Winkler und Stolzenberg (1999) erweitert. Die Ergebnisse werden mit dem Grundmodell ohne die entsprechende Variable verglichen. Damit wird eine Aussage zum residualen Confounding ermöglicht, dass mit der überwiegenden Berücksichtigung des SES als grobe ökologische Variable (regionale Hartz IV-Quote) in der sekundärdatenbasierten Kohortenstudie verbunden ist.

3.1.2.8.3.2 Body-Mass-Index

Zur Ermittlung des Körpergewichts (in 2005) wurde der Body-Mass-Index (BMI) eingesetzt. Geschlecht und Alter werden bei der Einteilung des BMI generell nicht berücksichtigt. Folgende Kategorien wurden für die Analysen genutzt:

- ▶ Untergewicht BMI unter 18,5

- ▶ Normalgewicht BMI von 18,5 bis 24,9
- ▶ Übergewicht: BMI von 25 bis 29,9
- ▶ Adipositas Grad I: BMI von 30 bis 34,9
- ▶ Adipositas Grad II: BMI von 35 bis 39,9
- ▶ Adipositas Grad III: BMI von 40 und höher (RKI 2003).

3.1.2.8.3.3 Berufliche Belastung

Die psychosoziale berufliche Belastung wurde mit der 10-Item Version des „Effort-Reward-Imbalance“ Fragebogens von Siegrist et al. (2009) erfasst. Das Verhältnis zwischen Verausgabung und Belohnung auf der Arbeit wird als binärer Faktor (d.h. Verausgabung > Belohnung) in das Modell einbezogen.

3.1.2.8.3.4 Körperliche Aktivität

Die sportliche Betätigung der gewählten Versicherten für das Jahr 2005 wurde in Anlehnung an den Bundesgesundheitsurvey (1998) erhoben. Folgende Einteilungen wurden für die sportliche Betätigung im Jahr 2005 erhoben und gehen als Kategorien in die multivariaten Analysen ein:

- ▶ keine sportliche Betätigung
- ▶ weniger als 1 Stunde pro Woche
- ▶ regelmäßig, 1-2 Stunden pro Woche
- ▶ regelmäßig, 2-4 Stunden pro Woche
- ▶ regelmäßig, mehr als 4 Stunden pro Woche (RKI 2006).

Weitere Fragen zu körperlichen Aktivitäten konnten aus Kapazitätsgründen nicht mit 5 in den Fragebogen aufgenommen werden.

3.1.2.8.3.5 Rauchen

Für die Expositionsgruppe der Raucher wurden im Rahmen der Befragung folgende Kriterien zur Raucherfassung erfragt: Rauchstatus, Expositions-dosis, Expositions-dauer, und Alter bei Beginn und/oder Zeitraum seit Beendigung des Rauchens. Rauchgewohnheiten wurden dann anhand der kumulativen Rauchdosis (z. B. Berechnung der Packungsjahre) für die Expositionsgruppen von Rauchern (z. B. Gegenwärtige Raucher, Ex-Raucher, Gelegenheitsraucher, Nichtraucher, Nie Raucher) bestimmt (Latzka et al. 2009, Ramroth et al. 2006). Die ermittelten Packungsjahre der Raucher wurden in Anlehnung an Lee et al. (2011) anschließend für die Analysen kategorisiert. Zudem wurde auch das aktuelle Rauchverhalten bei der Befragung mit folgenden Kategorien ins Modell einbezogen:

- ▶ Nieraucher
- ▶ Aktivraucher
- ▶ ExRaucher

- ▶ keine Angabe.

3.1.2.8.3.6 *Alkoholkonsum*

Um den Alkoholkonsum der Versicherten für das Berichts- und Expositionsjahr 2005 einschätzen zu können, wurde ein Item in Anlehnung aus der „Alcohol Use Disorder Identification Test Consumption (AUDIT-C)“ eingesetzt (Bush et al. 1998). Die 5 Antwortmöglichkeiten aus dem Fragebogen der vertiefenden Befragung der NORAH-Studie zu Krankheitsrisiken wurden als 5 Kategorien in den multivariaten Analysen verwendet.

- ▶ Nein, habe keinen Alkohol getrunken
- ▶ Weniger als 1 Drink¹¹ pro Tag
- ▶ 1 bis 2 Drinks pro Tag
- ▶ 3 bis 5 Drinks pro Tag
- ▶ 6 oder mehr Drinks pro Tag

Aus den oben beschriebenen Gründen wurde der Alkoholkonsum (zusammen mit den Variablen zum Rauchverhalten) als kategoriale Variable in ein zusätzliches „Direkt-Effekte-Modell“ einbezogen.

3.1.2.8.3.7 *Lärmbelästigung*

Im Rahmen der vertiefenden Befragung in der NORAH-Studie zu Krankheitsrisiken wurden die Probanden gefragt, ob sie sich im Jahr 2005 durch verschiedene Lärmquellen (d.h. Straßenverkehrslärm, Schienenverkehrslärm, Fluglärm, Gewerbelärm, Nachbarschaftslärm oder sonstige Lärm) belästigt fühlten. Dementsprechend wurde in dieser Auswertung für jede betrachtete Verkehrslärmart nach der entsprechenden Lärmbelästigungsquelle stratifiziert.

3.1.2.8.3.8 *Lärmschutzmaßnahmen*

Die Lärmexposition innerhalb des Wohnhauses wird direkt durch Lärmschutzmaßnahmen an den Wohngebäuden beeinflusst. Die Modelle wurden daher für Personen mit und ohne Lärmschutzmaßnahmen am Wohngebäude stratifiziert, um deren Einfluss als Effektmodifikator einzuschätzen.

Im Rahmen der vertiefenden Befragung in der NORAH-Studie zu Krankheitsrisiken wurde nach Lärmschutzmaßnahmen am Wohngebäude und nach deren Finanzierung gefragt.

3.1.2.9 **Analyse der vertiefenden Befragung**

Bevor sich der Einfluss weiterer Confounder und Effektmodifikatoren auf der Grundlage vertiefenden Fallkontrollstudie untersuchen lässt, wurde geprüft, ob sich bei Einschränkung der Datenbasis auf die beschriebene Stichprobe von Teilnehmer*innen der vertiefenden Befragung die

¹¹ Ein Drink entspricht einer kleinen Flasche Bier (0,33 l), einem Glas Wein (0,125 l), einem Glas Sekt, einem doppelten Schnaps (4 cl) oder einer Flasche Alkoholpops.

im gesamten Versichertenkollektiv gefundenen Risikoschätzer für neu aufgetretene Depressionen annähernd reproduzieren lassen. Soweit dies der Fall ist, wurde die Hauptanalyse mit erweiterten Confoundersätzen durchgeführt.

In dieser Analyse wurden die Risikoschätzer (Odds Ratios) für eine Depression mit Adjustierung allein für die Basisconfounder (Alter, Geschlecht, Sozialstatus soweit vorliegend, Urbanität, „Totale-Effekte-Modell“) mit den Risikoschätzern mit Adjustierung zusätzlicher Confounder („Direkte-Effekte-Modell“) verglichen (Tabelle 25). Dies entspricht dem Vorgehen wie in der NO-RAH-Studie zu Krankheitsrisiken insbesondere bei der größten Fallgruppe der Herzinsuffizienz/hypertensiven Herzkrankheit (Seidler et al. 2016c). Weiterhin wurden diese Analysen im Sinne eines Fallkontrollansatzes weiterhin mit einer logistischen Regressionsanalyse durchgeführt (siehe Seidler et al 2016c).

Eine Reproduzierbarkeit der Ergebnisse der Sekundärdatenanalyse vorausgesetzt, wurden die 24h-Dauerschallpegel (L_{pAeq}) und die nächtlichen Mittelungspegel für die Zeit von 22 bis 6 Uhr separat für Straßenverkehrslärm, Schienenverkehrslärm und Fluglärm betrachtet. Die Lärmexposition ging jeweils als kategorisierte Variable und in einer weiteren Analyse als kontinuierliche Variable in das Regressionsmodell ein.

Für alle Probanden der vertiefenden Befragung wurden zunächst die „rohen“ Odds Ratios ((OR), adjustiert für Alter und Geschlecht) berechnet (Modell 0) sowie die OR bei zusätzlicher Adjustierung für den aus den Sekundärdaten allein ableitbaren Sozialstatus (Modell 1). Dies schafft die Grundlage für eine Beurteilung der verbesserten Abbildung des Sozialstatus durch die vertiefende Befragung in einem zusätzlichen Modell (in Tabelle 25 nicht gesondert dargestellt).

Zusätzlich zu der Analyse des Einflusses zusätzlicher Confounder wurde auch der Einfluss potenzieller Effektmodifikatoren (siehe Kapitel 3.1.2.6) geprüft. Hierfür wurden stratifizierte Analysen durchgeführt, gesonderte Analysen wurden bei Verkehrslärm-Belästigten und nicht Belästigten sowie bei Personen mit und ohne Anspruch auf Lärmschutzmaßnahmen durchgeführt. Bei gegebener Reproduzierbarkeit der Ergebnisse der Sekundärdatenanalyse wurden zusätzlich die Analysen für Straßenverkehrslärm, Schienenverkehrslärm und Fluglärm nach Belästigung und Schallschutzmaßnahmen stratifiziert.

Tabelle 25: Modelle für die vertiefende Befragung

Modell 0 „minimal adjustiertes Modell“	Modell 1 Grundmodell	Modell 2 „Direkte-Effekte-Modell“	Modell 3 „Direkte-Effekte-Modell“ mit Rauchen und Alkoholkonsum
Alter (5-Jahre Kategorien)	Alter (5-Jahre Kategorien)	Alter (5-Jahre Kategorien)	Alter (5-Jahre Kategorien)
Geschlecht	Geschlecht	Geschlecht	Geschlecht
	sozioökonomischer Status (SES): Bildung (GKV), Berufsgruppe (GKV), SGBII Quote, SES nach Winkler (kategorisiert)	sozioökonomischer Status (SES): Bildung (GKV), Berufsgruppe (GKV), SGBII Quote, SES nach Winkler (kategorisiert)	sozioökonomischer Status (SES): Bildung (GKV), Berufsgruppe (GKV), SGBII Quote, SES nach Winkler (kategorisiert)

Modell 0 „minimal adjustiertes Modell“	Modell 1 Grundmodell	Modell 2 „Direkte-Effekte-Modell“	Modell 3 „Direkte-Effekte-Modell“ mit Rauchen und Alkohol- konsum
	Urbanität	Urbanität	Urbanität
		BMI	BMI
		berufliche Belastung (Job Strain): Effort-Reward-Imbalance	berufliche Belastung (Job Strain): Effort-Reward-Imbalance
		körperliche Aktivität (Sport)	körperliche Aktivität (Sport)
			Rauchen: Pack-Years Kategorien
			Alkohol: Kategorien von Getränken pro Tag

3.1.2.10 Datenmanagement

3.1.2.10.1 Fehlende Werte

Fehlende Werte („missings“) gingen zunächst jeweils als gesonderte Kategorie in die Modelle ein. So wird eine Selektionsverzerrung (durch den Ausschluss von Probanden mit fehlenden Werten für einzelne Variablen) vermieden, und die Power der Studie wird nicht gefährdet.

3.1.2.10.2 Ausreißer

Ausreißer wurden bereits im Rahmen der NORAH-Studie zu Krankheitsrisiken identifiziert und plausibilitätsgeprüft. Soweit implausible Werte durch plausible Werte (z.B. bei offensichtlichen Schreibfehlern, „Zahlenverdrehern“ o.ä.) ersetzt wurden, wurde dies zuvor mit der internen Qualitätssicherung abgestimmt. Nicht aufzuklärende implausible Werte wurden als fehlende Werte behandelt. Extreme, aber grundsätzlich mögliche Merkmalswerte wurden in den Analysen beibehalten.

3.1.2.10.3 Datenschutz

Der Schutz vor unbefugtem Zugriff und Datenverlust ist durch ein Sicherheitskonzept gewährleistet. Es wurde dafür Sorge getragen, dass die Bestimmungen des Datenschutzgesetzes eingehalten wurden. Nur Mitarbeitende der Studie können auf die Daten zugreifen und sind über Inhalte, Reichweite und Möglichkeiten der gesetzlichen Bestimmungen informiert und zur Verschwiegenheit verpflichtet.

3.1.2.10.4 Aufbewahrungsfristen

Gemäß GEP (2004) werden alle den Ergebnissen zugrundeliegende Daten in vollständig reproduzierbarer Form für die Dauer von 10 Jahren aufbewahrt.

3.1.2.10.5 Qualitätskontrolle und Qualitätssicherung

Die Verknüpfung der Datenbanken wurde bereits in der NORAH-Studie zu Krankheitsrisiken durchgeführt, qualitätsgesichert und im Endbericht (Seidler et al. 2016a) sowie in mehreren Publikationen dokumentiert (Seidler et al. 2016b, 2016c, 2017, Hegewald et al. 2017, Zeeb et al. 2017).

Zur Gewährleistung und Sicherstellung der Qualitätssicherung der Datenauswertung wurden fortlaufende Plausibilitätsprüfungen sowie stichprobenartige Doppelauswertungen durchgeführt.

Alle Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen wurden ausführlich geschult und ausgebildet und sind qualifiziert zur Ausführung der an sie herangetragenen Aufgaben.

Die interne Qualitätssicherung wurde durch das Leibniz-Institut für Präventionsforschung und Epidemiologie -BIPS GmbH sichergestellt. Inhalte der internen Qualitätssicherung sind vertraglich geregelt. Die Abstimmung der Outcome-Definitionen und der zu berücksichtigenden Confounder erfolgte zusammen mit dem Institut für Sozialmedizin, Arbeitsmedizin und Public Health, Universität Leipzig.

3.1.3 Ergebnisse

Im Folgenden sind jeweils die Ergebnisse für die Krankheitsgruppen 1. Depression, 2. Angststörungen und 3. Demenzerkrankungen dargestellt. Es wird aus inhaltlichen Gründen auf eine Subentitätenanalyse für Depressionen und Angststörungen verzichtet: Die Diagnosen der depressiven Störung (F32.-) und der rezidivierenden Episode (F33.-) weisen eine geringe Trennschärfe in den Sekundärdaten auf; häufig finden sich im Zeitverlauf wechselnde Depressionsdiagnosen. Auch bei den Angststörungen sind die Subentitäten „Panikstörung“ und „generalisierte Angststörung“ auf der Grundlage der Sekundärdaten nicht hinreichend zuverlässig zu unterscheiden. Sinnvoll ist eine Subentitätenanalyse hingegen bei den Demenzerkrankungen: Hier werden im Anschluss an die Betrachtung der Gesamtgruppe der Demenzerkrankungen die Demenzerkrankungen vom Alzheimer-Typ und die vaskuläre Demenz gesondert analysiert.

3.1.3.1 Einfluss von sozioökonomischen und Lebensstil-bezogenen Faktoren auf die Abschätzung der Verkehrslärmrisiken – Ergebnisse der vertiefenden Befragung der NORAH-Studie

Ausgehend von der vertiefenden Befragung (Seidler et al. 2016a, 2016c) der NORAH-Studie zu Krankheitsrisiken wird im Folgenden der Einfluss von sozioökonomischen, Lifestyle-bezogenen und weiteren personenbezogenen Faktoren (einschließlich Geräuschempfindlichkeit und Lärm-belästigung) auf den Zusammenhang zwischen Verkehrsgeräusch-Exposition und psychischen Erkrankungen dargestellt. Als „Grundgesamtheit“ dieser Analyse dienten 3023 zufällig ausgewählte Versicherte, die im Rahmen der NORAH-Studie zu Krankheitsrisiken einen ausführlichen Fragebogen ausgefüllt hatten. Bei etwa 11% (n=345) dieser zufällig ausgewählten Versicherten liegt eine Depressionsdiagnose im Erhebungszeitraum vor.

Bei der Bewertung der nachfolgenden Ergebnisse dieser Analyse geht es weniger um statistische Signifikanz als um die Frage, ob und inwieweit der Einbezug sozioökonomischer sowie zusätzlich Lifestyle-bezogener und weiterer personenbezogenen Faktoren zu einer Erhöhung oder Erniedrigung der Verkehrslärm-bezogenen Risikoschätzer führt.

Weiterhin wird der Bedeutung der Geräuschempfindlichkeit als möglicher effektmodifizierender Variable durch Stratifizierung für die Geräuschempfindlichkeit nachgegangen. Soweit die Lärmbelastigung eine wesentliche Mediatorvariable darstellen sollte, wäre eine Verringerung des Verkehrslärm-Effektes bei Einbezug dieser Variable in das regressionsanalytische Modell zu erwarten.

Tabelle 26 gibt zunächst die Reproduzierbarkeit der in der rechten Spalte dargestellten Risikoschätzer der „gesamten“ sekundärdatengestützten Fallkontrollstudie durch die vertiefende Befragungsstudie (linke Spalte, Modell 1) wieder. Sofern sich die Risikoschätzer der sekundärdatengestützten Fallkontrollstudie für den kontinuierlichen 24 Stunden-Dauerschallpegel oder zumindest für einige erhöhte Risikoschätzer in höheren Lärmkategorien in der vertiefenden Befragungsstudie reproduzieren lassen, wird der Einfluss der Adjustierung für den individuellen (befragungsgestützten) Sozialstatus auf die Risikoschätzer überprüft (Modell 1b).

Für den Straßenverkehrslärm (obere Tabelle 26) lässt sich der in der sekundärdatengestützten Fallkontrollstudie gefundene positive Zusammenhang zwischen 24 Stunden-Dauerschallpegeln und der Diagnose einer Depression (rechte Spalte: OR =1,037 pro 10 dB) in der vertiefenden Befragung nicht reproduzieren. Allerdings lassen sich ebenso wie in der sekundärdatengestützten Fallkontrollstudie auch in der Befragungsstudie erhöhte Risikoschätzer von 1,14 (>65 - <70 dB) und 1,22 (>70 dB) in den beiden höchsten Lärmkategorien finden. Bei zusätzlicher Adjustierung für den befragungsgestützten individuellen Sozialstatus bleiben die vorgenannten erhöhten Risikoschätzer erhalten. Dies spricht eher gegen ein wesentliches residuelles Confounding durch den Sozialstatus in der sekundärdatengestützten Studie. Allerdings finden sich bei Verzicht auf jegliche Adjustierung für den Sozialstatus („Modell 0“, keine Abbildung) teilweise deutlich höhere Risikoschätzer für alle drei Verkehrslärmarten; dieses Ergebnis unterstreicht die Bedeutung der Adjustierung für den Sozialstatus.

Auch für den Schienenverkehrslärm (mittlere Tabelle 26) lassen sich die erhöhten Risikoschätzer für die kontinuierlichen Lärmpegel in der Befragungsstudie nicht reproduzieren. Der Befund einer erhöhten Odds Ratio (OR=2,75 im Modell 1) in der Pegelklasse 65 bis <70 dB in der vertiefenden Befragung lässt sich auch bei zusätzlicher Adjustierung für den befragungsgestützten individuellen Sozialstatus reproduzieren (OR=2,66 im Modell 1b).

Schließlich lässt sich auch beim Fluglärm (untere Tabelle 26) die deutliche Risikoerhöhung der sekundärdatengestützten Studie für den kontinuierlichen 24 Stunden-Mittelungspegel nicht reproduzieren. In der vertiefenden Befragungsstudie findet sich lediglich eine schwach erhöhte OR (von 1,017 im Modell 1); diese verändert sich bei zusätzlicher Adjustierung für den befragungsgestützten individuellen Sozialstatus allerdings nicht wesentlich (OR=1,013 im Modell 1b). Auch bei den Risikoschätzern für die kategorisierten Lärmpegel führt die zusätzliche Adjustierung für den befragungsgestützten individuellen Sozialstatus zu keinen wesentlichen Änderungen; dies gilt auch bei Beschränkung auf den nächtlichen Fluglärm (keine Tabelle).

Insgesamt lassen sich also auf der Grundlage der Befragungsstudie für alle drei Verkehrslärmarten erhöhte Risikoschätzer in höheren Lärmpegel-Kategorien finden. Die fehlende wesentliche Veränderung dieser Risikoschätzer spricht gegen ein substanzielles residuelles Confounding durch den Sozialstatus in der sekundärdatenbasierten NORAH-Studie zu Krankheitsrisiken.

Tabelle 26: Verkehrslärm und neu diagnostizierte Depression in der Befragungsstudie (linke Spalten) und in der sekundärdatengestützten Studie (rechte Spalten)

	Fälle	Kontroll- personen	OR Modell 1 ^a	95% KI	OR Modell 1b ^b	95% KI	OR Modell 1 ^a	95% KI
Straßenverkehrslärm, 24 Stunden-Dauerschallpegel								
< 40 dB	34	266	1,00	-	1,00	-	1,00	-
≥40 – <45 dB	58	524	0,88	0,55 - 1,39	0,88	0,55 - 1,40	1,02	0,99 - 1,05
≥45 – <50 dB	77	613	0,88	0,56 - 1,37	0,89	0,57 - 1,39	1,06	1,03 - 1,09
≥50 – <55 dB	63	427	1,11	0,70 - 1,76	1,13	0,71 - 1,80	1,09	1,06 - 1,12
≥55 – <60 dB	30	263	0,80	0,47 - 1,37	0,81	0,47 - 1,39	1,04	1,01 - 1,08
≥60 – <65 dB	20	207	0,68	0,37 - 1,23	0,67	0,37 - 1,22	1,12	1,08 - 1,16
≥65 – <70 dB	19	118	1,14	0,61 - 2,13	1,16	0,62 - 2,17	1,12	1,08 - 1,17
≥70 dB	6	35	1,22	0,46 - 3,23	1,14	0,43 - 3,06	1,17	1,10 - 1,25
Kontinuierlich (Pro 10 dB)			0,980	0,852 - 1,127	0,978	0,850 - 1,125	1,037	1,028 - 1,046
Schienenverkehrslärm, 24 Stunden-Dauerschallpegel								
< 40 dB	173	1.387	1,00	-	1,00	-	1,00	-
≥40 – <45 dB	43	273	1,18	0,81 - 1,71	1,20	0,82 - 1,74	1,03	1,00 - 1,05
≥45 – <50 dB	53	370	1,11	0,79 - 1,57	1,09	0,77 - 1,54	1,11	1,09 - 1,14
≥50 – <55 dB	23	243	0,71	0,44 - 1,15	0,70	0,44 - 1,14	1,12	1,10 - 1,15
≥55 – <60 dB	8	110	0,51	0,24 - 1,09	0,49	0,23 - 1,04	1,06	1,02 - 1,10
≥60 – <65 dB	2	44	-	-	-	-	-	-
≥65 – <70 dB	5	13	2,75	0,92 - 8,23	2,66	0,89 - 7,99	1,07	0,97 - 1,17
≥70 dB	0	13	-	-	-	-	0,93	0,82 - 1,05
Kontinuierlich (pro 10 dB)			0,894	0,762 - 1,048	0,885	0,753 - 1,039	1,048	1,038 - 1,058
Fluglärm, 24 Stunden-Dauerschallpegel								
<40dB, Max. <50dB	113	970	1,00	-	1,00	-	1,00	-
<40dB, Max. ≥50dB	19	153	1,10	0,64 - 1,87	1,10	0,64 - 1,88	1,01	0,98 - 1,04
≥40-<45dB	93	737	0,92	0,67 - 1,27	0,96	0,69 - 1,33	1,13	1,10 - 1,15
≥45-<50dB	52	381	1,02	0,68 - 1,52	1,02	0,68 - 1,53	1,18	1,15 - 1,21
≥50-<55dB	25	159	1,28	0,76 - 2,17	1,26	0,74 - 2,14	1,23	1,19 - 1,28

	Fälle	Kontroll- personen	OR Modell 1 ^a	95% KI	OR Modell 1b ^b	95% KI	OR Modell 1 ^a	95% KI
≥55-<60dB	5	53	0,72	0,27 - 1,95	0,71	0,26 - 1,93	1,09	1,02 - 1,16
≥60dB			-	-			0,71	0,38 - 1,31
Kontinuierlich (pro 10 dB)			1,017	0,804 - 1,287	1,013	0,799 - 1,283	1,115	1,099 - 1,131

- a) Modell enthielten Variablen für Alter, Geschlecht, Bildung (GKV), Berufsgruppe (GKV), SGBII Quote, Urbanität
 b) Zusätzlich enthielt das Modell 1b eine Variable für den Winkler-Index (unterteilt in 5 Kategorien) für Sozioökonomische Status basiert auf Fragebogen Angaben

In Tabelle 27 ist links das bereits in Tabelle 26 aufgeführte „Gesamteffekte“-Modell dargestellt. In der mittleren Spalte wird dann im Sinne des „Direkte Effekte“-Modells zusätzlich für BMI, Effort-Reward-Imbalance (>1/<=1) und Sportausübung adjustiert (Modell 2). Im Ergebnis zeigt sich für keine Verkehrslärmart eine wesentliche Veränderung der Risikoschätzer in den höheren Lärmkategorien. Dieses Ergebnis spricht gegen einen substanziellen Einfluss der vorgenannten Faktoren auf die verkehrslärmbezogenen Risikoschätzer. Auch die weitere Adjustierung für Rauchen und Alkoholkonsum (Modell 3) führt allenfalls zu einer geringgradigen Abschwächung der Risikoschätzer. Somit kann in der Auswertung der vertiefenden Befragungsstudie kein Anhalt dafür gefunden werden, dass die depressionsbezogenen Risikoschätzer der sekundärdatenbasierten NORAH-Studie zu Krankheitsrisiken durch residuelles oder unentdecktes Confounding wesentlich verzerrt sind.

Tabelle 28 gibt die Auswertungen des „Direkte Effekte“-Modells stratifiziert für das Vorliegen einer Belästigung durch die jeweilige Verkehrslärm-Art wieder. Tendenziell finden sich höhere Risikoschätzer bei denjenigen Versicherten, die keine Belästigung durch die jeweilige Verkehrslärm-Art angeben. Dies ist besonders ausgeprägt für die Fluglärm-bezogenen Risikoschätzer.

In Tabelle 29 werden die Auswertungen des „Direkte Effekte“-Modells für erfolgte Lärmschutzmaßnahmen stratifiziert. In der Tendenz sind die Risikoschätzer bei fehlenden Lärmschutzmaßnahmen höher als bei durchgeführten Maßnahmen. Auch dieser Unterschied ist beim Fluglärm besonders ausgeprägt.

Tabelle 27: Verkehrslärm und neu diagnostizierte Depression – Grundmodell (linke Spalte; Modell 1b), Direkte-Effekte-Modell (mittlere Spalte; Modell 2) und zusätzliche Adjustierung für Rauchen und Alkoholkonsum (rechte Spalte; Modell 3)

	Fälle	Kontrollpersonen	OR Modell 1b ^a	95% KI	OR Modell 2 ^b	95% KI	OR Modell 3 ^c	95% KI
Straßenverkehrslärm, 24 Stunden-Dauerschallpegel								
< 40 dB	34	266	1,00	-	1,00	-	1,00	-
≥40 – <45 dB	58	524	0,88	0,55 - 1,40	0,90	0,56 - 1,43	0,89	0,56 - 1,43
≥45 – <50 dB	77	613	0,89	0,57 - 1,39	0,91	0,58 - 1,43	0,90	0,57 - 1,41
≥50 – <55 dB	63	427	1,13	0,71 - 1,80	1,16	0,73 - 1,86	1,16	0,72 - 1,86
≥55 – <60 dB	30	263	0,81	0,47 - 1,39	0,84	0,49 - 1,45	0,85	0,49 - 1,48
≥60 – <65 dB	20	207	0,67	0,37 - 1,22	0,69	0,38 - 1,27	0,68	0,37 - 1,25
≥65 – <70 dB	19	118	1,16	0,62 - 2,17	1,20	0,64 - 2,25	1,10	0,58 - 2,08
≥70 dB	6	35	1,14	0,43 - 3,06	1,14	0,42 - 3,11	1,10	0,40 - 3,03
Kontinuierlich (Pro 10 dB)			0,978	0,850 - 1,125	0,988	0,859 - 1,138	0,978	0,848 - 1,127
Schienenverkehrslärm, 24 Stunden-Dauerschallpegel								
< 40 dB	173	1.387	1,00	-	1,00	-	1,00	-
≥40 – <45 dB	43	273	1,20	0,82 - 1,74	1,19	0,82 - 1,74	1,21	0,83 - 1,77
≥45 – <50 dB	53	370	1,09	0,77 - 1,54	1,07	0,75 - 1,52	1,04	0,73 - 1,49
≥50 – <55 dB	23	243	0,70	0,44 - 1,14	0,71	0,44 - 1,16	0,71	0,44 - 1,16
≥55 – <60 dB	8	110	0,49	0,23 - 1,04	0,50	0,23 - 1,06	0,45	0,21 - 0,96
≥60 – <65 dB	2	44	-	-	-	-	-	-
≥65 – <70 dB	5	13	2,66	0,89 - 7,99	2,77	0,92 - 8,35	2,65	0,86 - 8,13
≥70 dB	0	13	-	-	-	-	-	-
Kontinuierlich (Pro 10 dB)			0,885	0,753 - 1,039	0,888	0,754-1,044	0,868	0,736 - 1,022
Fluglärm, 24 Stunden-Dauerschallpegel								
<40dB, Max. <50dB	113	970	1,00	-	1,00	-	1,00	-
<40dB, Max. ≥50dB	19	153	1,10	0,64 - 1,88	1,15	0,67 – 1,97	1,12	0,65 - 1,93
≥40-<45dB	93	737	0,96	0,69 - 1,33	0,98	0,70 - 1,36	0,97	0,69 - 1,35
≥45-<50dB	52	381	1,02	0,68 - 1,53	1,05	0,70 - 1,59	1,04	0,69 - 1,56

	Fälle	Kontrollpersonen	OR Modell 1b ^a	95% KI	OR Modell 2 ^b	95% KI	OR Modell 3 ^c	95% KI
≥50-<55dB	25	159	1,26	0,74 - 2,14	1,26	0,74 - 2,16	1,21	0,70 - 2,08
≥55-<60dB	5	53	0,71	0,26 - 1,93	0,72	0,26 - 1,97	0,70	0,26 - 1,94
≥60dB	0	0			-		-	-
Kontinuierlich (pro 10 dB)			1,013	0,799 - 1,283	1,025	0,807 - 1,301	1,009	0,793 - 1,283

a) Alter (5J.-Kat.), Geschlecht, Bildung (GKV), Berufsgruppe (GKV), SGBII Quote, Urbanität

b) Modell 1 + SES nach Winkler (kategorisiert), BMI, Effort-Reward-Imbalance (>1/<=1), Sport

c) Modell 2 + Rauchen, Alkohol

Tabelle 28: Verkehrslärm und neu diagnostizierte Depression –Grundmodell (linke Spalte; Modell 1b), stratifiziert nach Verkehrslärmbelastigung

	Fälle	Kontrollpersonen	OR Modell 1b	95% KI	OR Modell belästigt	95% KI	OR Modell Nicht belästigt	95% KI
Straßenverkehrslärm, 24 Stunden-Dauerschallpegel								
< 40 dB	34	266	1,00	-	1,00	-	1,00	-
≥40 – <45 dB	58	524	0,88	0,55 - 1,40	0,91	0,30 - 2,72	0,91	0,54 - 1,54
≥45 – <50 dB	77	613	0,89	0,57 - 1,39	1,10	0,41 - 2,97	0,85	0,50 - 1,42
≥50 – <55 dB	63	427	1,13	0,71 - 1,80	0,88	0,30 - 2,56	1,27	0,74 - 2,17
≥55 – <60 dB	30	263	0,81	0,47 - 1,39	0,79	0,26 - 2,38	0,81	0,42 - 1,57
≥60 – <65 dB	20	207	0,67	0,37 - 1,22	0,87	0,29 - 2,56	0,45	0,19 - 1,10
≥65 – <70 dB	19	118	1,16	0,62 - 2,17	0,51	0,15 - 1,74	2,20	0,99 - 4,90
≥70 dB	6	35	1,14	0,43 - 3,06	1,17	0,28 - 4,87	0,53	0,06 - 4,55
Kontinuierlich (Pro 10 dB)			0,978	0,850 - 1,125	0,889	0,690 - 1,145	0,992	0,824 - 1,194
Schienenverkehrslärm, 24 Stunden-Dauerschallpegel								
< 40 dB	173	1.387	1,00	-	Keine Berechnung aufgrund geringer Stichprobengröße möglich		1,00	-
≥40 – <45 dB	43	273	1,20	0,82 - 1,74			1,21	0,82 - 1,78
≥45 – <50 dB	53	370	1,09	0,77 - 1,54			1,20	0,84 - 1,72
≥50 – <55 dB	23	243	0,70	0,44 - 1,14			0,69	0,41 - 1,17
≥55 – <60 dB	8	110	0,49	0,23 - 1,04			0,57	0,25 - 1,29
≥60 – <65 dB	2	44	-	-			-	-
≥65 – <70 dB	5	13	2,66	0,89 - 7,99			5,99	0,91 - 39,58
≥70 dB	0	13	-	-			-	-
Kontinuierlich (pro 10 dB)			0,885	0,753 - 1,039			0,930	0,774 - 1,116
Fluglärm, 24 Stunden-Dauerschallpegel								

	Fälle	Kontroll- personen	OR Modell 1b	95% KI	OR Modell belästigt	95% KI	OR Modell Nicht be- lästigt	95% KI
<40dB, Max. <50dB	113	970	1,00	-	1	-	1	-
<40dB, Max. ≥50dB	19	153	1,10	0,64 - 1,88	0,29	0,03 – 3,00	1,20	0,67 - 2,12
≥40-<45dB	93	737	0,96	0,69 - 1,33	1,54	0,61 - 3,92	0,85	0,58 - 1,23
≥45-<50dB	52	381	1,02	0,68 - 1,53	1,65	0,61 - 4,48	0,90	0,54 - 1,49
≥50-<55dB	25	159	1,26	0,74 - 2,14	1,06	0,34 - 3,28	1,77	0,86 - 3,65
≥55-<60dB	5	53	0,71	0,26 - 1,93	0,16	0,01 - 1,78	2,08	0,58 - 7,43
≥60dB					-	-	-	-
Kontinuier- lich (pro 10 dB)			1,013	0,799 - 1,283	0,907	0,541 - 1,522	1,080	0,793 - 1,471

Tabelle 29: Verkehrslärm und neu diagnostizierte Depression – Grundmodell (linke Spalte; Modell 1b), stratifiziert für Lärmschutzmaßnahmen

	Fälle	Kon- trollen	OR Mo- dell 1b	95% KI	OR Modell Lärm- schutz	95% KI	OR Modell Kein Lärm- schutz	95% KI
Straßenverkehrslärm, 24 Stunden-Dauerschallpegel								
< 40 dB	34	266	1,00	-	1,00	-	1,00	-
≥40 – <45 dB	58	524	0,88	0,55 - 1,40	0,50	0,20 - 1,22	1,21	0,67 - 2,16
≥45 – <50 dB	77	613	0,89	0,57 - 1,39	0,59	0,27 - 1,32	1,13	0,63 - 2,01
≥50 – <55 dB	63	427	1,13	0,71 - 1,80	0,83	0,34 - 2,02	1,52	0,85 - 2,74
≥55 – <60 dB	30	263	0,81	0,47 - 1,39	0,56	0,22 - 1,41	0,94	0,46 - 1,91
≥60 – <65 dB	20	207	0,67	0,37 - 1,22	0,38	0,13 - 1,15	0,79	0,36 - 1,72
≥65 – <70 dB	19	118	1,16	0,62 - 2,17	0,84	0,27 - 2,63	1,42	0,63 - 3,20
≥70 dB	6	35	1,14	0,43 - 3,06	0,77	0,18 - 3,33	1,28	0,25 - 6,65
Kontinuierlich (Pro 10 dB)			0,978	0,850 - 1,125	0,928	0,718 - 1,199	0,987	0,827 - 1,179
Schienenverkehrslärm, 24 Stunden-Dauerschallpegel								
< 40 dB	173	1.387	1,00	-	1,00	-	1,00	-
≥40 – <45 dB	43	273	1,20	0,82 - 1,74	0,85	0,40 - 1,82	1,47	0,93 - 2,31
≥45 – <50 dB	53	370	1,09	0,77 - 1,54	0,94	0,48 - 1,83	1,19	0,77 - 1,84
≥50 – <55 dB	23	243	0,70	0,44 - 1,14	0,51	0,19 - 1,32	0,84	0,47 - 1,50
≥55 – <60 dB	8	110	0,49	0,23 - 1,04	0,37	0,08 - 1,72	0,61	0,25 - 1,51
≥60 – <65 dB	2	44	-	-	-	-	-	-
≥65 – <70 dB	5	13	2,66	0,89 - 7,99	1,39	0,11 - 17,94	4,62	0,03 - 1,65
≥70 dB	0	13	-	-	-	-	-	-
Kontinuierlich (pro 10 dB)			0,885	0,753 - 1,039	0,934	0,767-1,139	0,808	0,588 - 1,09

	Fälle	Kon- trollen	OR Mo- dell 1b	95% KI	OR Modell Lärm- schutz	95% KI	OR Modell Kein Lärm- schutz	95% KI
Fluglärm, 24 Stunden-Dauerschallpegel								
<40dB, Max. <50dB	113	970	1,00	-	1	-	1	-
<40dB, Max. ≥50dB	19	153	1,10	0,64 - 1,88	0,53	0,16 - 1,70	1,42	0,75 - 2,71
≥40-<45dB	93	737	0,96	0,69 - 1,33	0,91	0,49 - 1,68	1,01	0,67 - 1,52
≥45-<50dB	52	381	1,02	0,68 - 1,53	0,97	0,44 - 2,11	1,09	0,66 - 1,78
≥50-<55dB	25	159	1,26	0,74 - 2,14	0,75	0,27 - 2,03	1,60	0,82 - 3,13
≥55-<60dB	5	53	0,71	0,26 - 1,93	0,40	0,05 - 3,46	0,96	0,29 - 3,11
≥60dB					-	-	-	-
Kontinuierlich (pro 10 dB)			1,013	0,799 - 1,283	0,870	0,554 - 1,367	1,095	0,815 - 1,472

3.1.3.2 Charakteristika der in den Kohortenansatz einbezogenen Probanden

Die Charakteristika der einbezogenen Versicherten sind in den Tabelle 30 bis Tabelle 32 angegeben. Dabei wird jeweils zunächst die Gesamtzahl der Probanden (mit Personenjahren) angegeben, die in die jeweilige krankheitsspezifische Auswertung einbezogen werden können. Die Zahl der Erkrankten wird jeweils gesondert für Versicherte mit einer ausschließlich ambulant diagnostizierten Erkrankung und für Versicherte mit einer stationär behandelten Erkrankung aufgeführt.

Zur Analyse der Einflussfaktoren auf eine Depression liegen insgesamt Sekundärdaten von 655.540 Krankenversicherten im Alter von 40 bis > 100 Jahren mit über 3 Millionen Personenjahren vor (Tabelle 30)¹². Das Geschlechterverhältnis ist in etwa gleich. Etwa 73.400 Versicherten mit einer ausschließlich ambulant diagnostizierten Depression stehen lediglich etwa 3.900 Versicherte mit einer stationären Depressionsdiagnose gegenüber. Damit weisen 5% der insgesamt 77.295 Versicherten mit einer Depression im Sinne der Diagnosekriterien mindestens eine gesicherte stationäre Diagnose auf. Es finden sich sowohl bei den ambulanten als auch bei den stationären Diagnosen etwas mehr Frauen als Männer. Die genaue Altersstruktur ist der Tabelle 30 zu entnehmen. Die meisten Personen leben in ländlichen Regionen, Klein- und Mittelstädten

¹² In der NORAH-Studie zu Krankheitsrisiken umfassten die übermittelten Sekundärdaten die Berichtsjahre 2005 bis 2010. Für die erkrankten Versicherten floss das Alter in die Analysen ein, in dem die Diagnosestellung erfolgte (zwischen 2006 und 2010). Für die Kontrollpersonen wurde zunächst eine Häufigkeitsverteilung der Berichtsjahre vorgenommen, in denen die Diagnose bei den Fällen erfolgte, und ein „gemitteltes“ Diagnosejahr bestimmt (hierfür ergab sich das Berichtsjahr 2008). Dieses gemittelte Diagnosejahr wurde allen Kontrollpersonen zugeordnet, d.h. es ging für alle Kontrollpersonen das Alter am 31.12.2008 in die Analyse ein. Bei der Längsschnittanalyse und der Berücksichtigung von Personenjahren wurde das jeweilige Alter des Versicherten beim Eintrittsjahr in die Studie verwendet. Somit kann sich der Zeitpunkt der Altersbestimmung zwischen den Versicherten je nach Studieneintritt unterscheiden. Es wird sichergestellt, dass der Versicherte zu diesem Zeitpunkt noch der Krankenkasse zugehörig und nicht verstorben war. Versicherte, die erst im Jahr 2010 40 Jahre alt geworden sind, gingen als unter 40 Jahre in die Analyse ein.

und in Gebieten mit einem hohen bzw. niedrigen Anteil an Langzeitarbeitslosen (regionale SGBII-Quote $\leq 6,7$ und $>8,7 - \leq 12,7$). Bei den meisten Personen war keine Information über den Bildungsstand, Beruf und folglich zum individuellen sozioökonomischen Status verfügbar.

Tabelle 30: Charakteristika der Probanden zur Analyse der Depressionen

	Personen- jahre	Gesamt N	%	Ambulant N	%	Stationär N	%
Gesamt	3.389.403	655.540	100,0	73.412	100,0	3.883	100,0
Männlich	1.659.739	317.153	48,4	23.339	31,8	1.575	40,6
Weiblich	1.729.664	338.387	51,6	50.073	68,2	2.308	59,4
Alter							
unter 40	430.563	81.456	12,4	6.325	8,6	415	10,7
41-45	403.586	81.280	12,4	9.393	12,8	690	17,8
46-50	360.502	71.856	11,0	9.340	12,7	553	14,2
51-55	338.563	66.629	10,2	9.738	13,3	534	13,8
56-60	322.326	61.559	9,4	7.616	10,4	301	7,8
61-65	388.214	71.793	11,0	7.055	9,6	326	8,4
66-70	414.190	76.178	11,6	7.640	10,4	367	9,5
71-75	291.319	54.530	8,3	6.049	8,2	250	6,4
76-80	224.504	43.606	6,7	5.084	6,9	215	5,5
81-85	144.131	29.789	4,5	3.566	4,9	191	4,9
86-90	44.679	10.007	1,5	1.062	1,4	35	0,9
91-95	22.751	5.714	0,9	480	0,7	6	0,2
96-100	3.855	1.073	0,2	61	0,1	0	0,0
>100	220	70	0,0	3	0,0	0	0,0
Bildung							
Volks-/Hauptschule, mittlere Reife oder gleichwertige Schulbildung ohne beruflichen Abschluss	274.237	52.367	8,0	6.409	8,7	402	10,4
Volks-/Hauptschule, mittlere Reife oder gleichwertige Schulbildung mit beruflicher Ausbildung	611.970	115.365	17,6	11.868	16,2	750	19,3
FH-Reife/Abitur, kein beruflicher Abschluss	19.341	3.616	0,6	323	0,4	21	0,5
FH-Reife/Abitur, beruflicher Abschluss	61.298	11.538	1,8	1.178	1,6	83	2,1
Abschluss einer Fachhochschule	42.936	8.121	1,2	955	1,3	83	2,1
Hochschul-/Universitätsabschluss	51.410	9.593	1,5	928	1,3	55	1,4
Ausbildung unbekannt, Angabe nicht möglich	2.328.210	454.940	69,4	51.751	70,5	2489	64,1
Beruf nach Blossfeld (Quelle: Blossfeld 1985)							
Beruf unbekannt, Angabe nicht möglich	2.226.564	434.884	66,3	48.697	66,3	2369	61,0
Agrarberufe	13.918	2.615	0,4	175	0,2	14	0,4

	Personen- jahre	Gesamt N	%	Ambulant N	%	Stationär N	%
Einfache manuelle Berufe	156.975	29.745	4,5	3.043	4,1	189	4,9
Qualifizierte manuelle Berufe	153.877	29.003	4,4	2.283	3,1	157	4,0
Techniker	24.501	4.534	0,7	357	0,5	26	0,7
Ingenieure	10.770	1.973	0,3	119	0,2	12	0,3
Einfache Dienste	262.013	50.116	7,6	5.869	8,0	352	9,1
Qualifizierte Dienste	47.277	9.106	1,4	1.313	1,8	79	2,0
Semiprofessionen	77.212	14.935	2,3	2.432	3,3	171	4,4
Professionen	9.895	1.878	0,3	167	0,2	16	0,4
Einfache kaufmännische und Verwaltungsberufe	99.777	19.150	2,9	2.552	3,5	148	3,8
Qualifizierte kaufmännische und Verwaltungsberufe	247.481	46.653	7,1	5.390	7,3	286	7,4
Manager	26.945	4.950	0,8	371	0,5	16	0,4
Sonstige	32.200	5.998	0,9	644	0,9	48	1,2
Regionale SGB II Quote							
≤6,7	1.161.837	222.921	34,0	22.907	31,2	1.404	36,2
>6,7 - ≤7,5	539.315	104.097	15,9	12.128	16,5	547	14,1
>7,5 - ≤8,7	384.746	73.959	11,3	8.057	11,0	377	9,7
>8,7 - ≤12,7	976.538	190.744	29,1	22.834	31,1	1.164	30,0
>12,7	326.967	63.819	9,7	7.486	10,2	391	10,1
Großstädte (nein/ja)							
Nein	2.274.205	437.148	66,7	46.704	63,6	2.529	65,1
Ja	1.115.198	218.392	33,3	26.708	36,4	1.354	34,9
Individuelle Daten zur Sozialstatus							
Daten voranden	2.090.102	409.216	62,4	46.644	63,5	2.239	57,7
Nicht vorhanden	1.299.301	246.324	37,6	26.768	36,5	1.644	42,3

Zur Analyse der Einflussfaktoren auf eine Angststörung liegen insgesamt Sekundärdaten von 805.688 Krankenversicherten im Alter von 40 bis > 100 Jahren mit über 4 Millionen Personenjahren vor (Tabelle 31). Die unterschiedliche Zahl der in die krankheitsspezifischen Analysen einzubeziehenden Erkrankungen ist wesentlich darauf zurückzuführen, dass Personen mit einer „unsicheren“ Krankheitsdiagnose aus der jeweiligen krankheitsspezifischen Analyse ausgeschlossen werden. Lediglich 3,5% der 21.057 Versicherten mit einer Angststörung im Sinne der Diagnosekriterien weisen mindestens eine gesicherte stationäre Diagnose auf.

Tabelle 31: Charakteristika der Probanden zur Analyse der Angststörungen

	Personen- Jahre	Gesamt N	%	Ambulant N	%	Stationär N	%
Gesamt	4.363.556	805.688	100,0	20.329	100,0	728	100,0
Männlich	1.947.639	361.663	44,9	5.845	28,8	223	30,6
Weiblich	2.415.917	444.025	55,1	14.484	71,2	505	69,4
Alter							
unter 40	529.158	97.470	12,1	2.147	10,6	80	11,0
41-45	499.316	95.703	11,9	3.006	14,8	118	16,2

	Personen- Jahre	Gesamt N	%	Ambulant N	%	Stationär N	%
46-50	458.226	86.390	10,7	3.017	14,8	87	12,0
51-55	450.112	83.197	10,3	3.044	15,0	96	13,2
56-60	430.707	77.897	9,7	2.246	11,0	73	10,0
61-65	492.538	87.415	10,8	1.984	9,8	76	10,4
66-70	524.161	92.508	11,5	1.847	9,1	78	10,7
71-75	379.335	67.874	8,4	1.305	6,4	48	6,6
76-80	301.357	55.739	6,9	897	4,4	42	5,8
81-85	200.443	39.341	4,9	603	3,0	23	3,2
86-90	62.307	13.335	1,7	155	0,8	7	1,0
91-95	30.677	7.393	0,9	71	0,3	0	0,0
96-100	4.927	1.333	0,2	5	0,0	0	0,0
>100	293	93	0,0	2	0,0	0	0,0
Bildung							
Volks-/Hauptschule, mittlere Reife oder gleichwertige Schulbildung ohne beruflichen Abschluss	345.448	2.105	10,0	2.056	10,1	49	6,7
Volks-/Hauptschule, mittlere Reife oder gleichwertige Schulbildung mit beruflicher Ausbildung	745.207	3.581	17,0	3.461	17,0	120	16,5
FH-Reife/Abitur, kein beruflicher Abschluss	23.973	91	0,4	89	0,4	2	0,3
FH-Reife/Abitur, beruflicher Abschluss	75.035	367	1,7	352	1,7	15	2,1
Abschluss einer Fachhochschule	56.157	326	1,5	310	1,5	16	2,2
Hochschul-/Universitätsabschluss	62.113	311	1,5	302	1,5	9	1,2
Ausbildung unbekannt, Angabe nicht möglich	3.055.624	14.276	67,8	13.759	67,7	517	71,0
Beruf nach Blossfeld (Quelle: Blossfeld 1985)							
Beruf unbekannt, Angabe nicht möglich	2.924.086	544.557	67,6	12.912	63,5	509	69,9
Agrarberufe	16.094	2.938	0,4	39	0,2	1	0,1
Einfache manuelle Berufe	189.486	34.457	4,3	814	4,0	19	2,6
Qualifizierte manuelle Berufe	179.257	32.751	4,1	662	3,3	29	4,0
Techniker	28.610	5.129	0,6	86	0,4	5	0,7
Ingenieure	12.386	2.220	0,3	42	0,2	1	0,1
Einfache Dienste	327.085	59.699	7,4	1.818	8,9	48	6,6
Qualifizierte Dienste	61.240	11.116	1,4	385	1,9	12	1,6
Semiprofessionen	103.749	18.739	2,3	721	3,5	20	2,7
Professionen	11.929	2.166	0,3	50	0,2	1	0,1
Einfache kaufmännische und Verwaltungsberufe	128.487	23.397	2,9	805	4,0	31	4,3
Qualifizierte kaufmännische und Verwaltungsberufe	309.607	55.752	6,9	1.683	8,3	39	5,4
Manager	30.994	5.533	0,7	109	0,5	4	0,5
Sonstige	40.545	7.234	0,9	203	1,0	9	1,2
Regionale SGB II Quote							

	Personen- Jahre	Gesamt N	%	Ambulant N	%	Stationär N	%
≤6,7	1.469.774	270.289	33,5	6.097	30,0	282	38,7
>6,7 - ≤7,5	711.984	130.903	16,2	3.269	16,1	109	15,0
>7,5 - ≤8,7	491.589	90.158	11,2	1.957	9,6	55	7,6
>8,7 - ≤12,7	1.269.994	236.143	29,3	6.743	33,2	209	28,7
>12,7	420.215	78.195	9,7	2.263	11,1	73	10,0
Großstädte (nein/ja)							
Nein	2.910.067	535.025	66,4	12.171	59,9	479	65,8
Ja	1.453.489	270.663	33,6	8.158	40,1	249	34,2
Individuelle Daten zur Sozialstatus							
Daten voranden	2.761.309	514.837	63,9	12.348	60,7	485	66,6
Nicht vorhanden	1.602.247	290.851	36,1	7.981	39,3	243	33,4

Zur Analyse der Einflussfaktoren auf eine Demenzerkrankung liegen insgesamt Sekundärdaten von 827.163 Krankenversicherten im Alter von 40 - > 100 Jahren mit nahezu 4 ½ Millionen Personenjahren vor (Tabelle 32). Von den insgesamt 74.739 Versicherten mit einer Demenzerkrankung im Sinne der Diagnosekriterien weisen 14,8% eine Alzheimer-Erkrankung, 24,9% eine vaskuläre Demenz und 58,4% eine „nicht näher bezeichnete Demenz“ (ICD-10 F03) auf. Versicherte, die im Studienzeitraum sowohl (mindestens) eine Alzheimer-Diagnose als auch (mindestens) eine Diagnose einer vaskulären Demenz erhalten haben, werden in einer gesonderten Kategorie aufgeführt (1,8% der Versicherten mit einer Demenzerkrankung im Sinne der Diagnosekriterien).

Tabelle 32: Charakteristika der Probanden zur Analyse der Demenzerkrankungen

	Personen- Jahre	Gesamt N	%	Alzheimer N	%	Alzheimer/ Vaskulär N	%	Vaskulär N	%	Nicht näher bezeichnet N	%
Gesamt	4410.457	827.163	100,0	11.094	100,0	1376	100,0	18.601	100,0	43.668	100,0
Männlich	1.943.830	366.400	44,3	3.835	34,6	470	34,2	6.860	36,9	15.299	35,0
Weiblich	2.466.627	460.763	55,7	7.259	65,4	906	65,8	11.741	63,1	28.369	65,0
Alter											
unter 40	566.582	103.938	12,6	290	2,6	35	2,5	497	2,7	898	2,1
41-45	534.990	101.804	12,3	388	3,5	49	3,6	634	3,4	1.357	3,1
46-50	491.387	92.039	11,1	497	4,5	53	3,9	768	4,1	1.504	3,4
51-55	481.705	88.739	10,7	600	5,4	71	5,2	935	5,0	1.976	4,5
56-60	453.690	82.483	10,0	685	6,2	89	6,5	1.129	6,1	2.400	5,5
61-65	502.876	90.833	11,0	1.218	11,0	140	10,2	1.893	10,2	3.864	8,8
66-70	523.799	94.955	11,5	1.593	14,4	170	12,4	2.532	13,6	5.508	12,6
71-75	365.294	68.097	8,2	1.598	14,4	197	14,3	2.534	13,6	5.921	13,6
76-80	269.317	53.494	6,5	1.835	16,5	248	18,0	3.134	16,8	7.594	17,4
81-85	157.673	34.470	4,2	1.544	13,9	210	15,3	2.945	15,8	7.647	17,5
86-90	42.444	10.400	1,3	523	4,7	82	6,0	1.007	5,4	2.975	6,8
91-95	17.967	5.047	0,6	274	2,5	28	2,0	515	2,8	1.722	3,9
96-100	2.602	818	0,1	47	0,4	4	0,3	77	0,4	282	0,6
>100	131	46	0,0	2	0,0	0	0,0	1	0,0	20	0,0
Bildung											
Volks-/Hauptschule, mittlere Reife, gleichwertige Schulbildung ohne beruflichen Abschluss	370.382	964	1,3	168	1,5	14	1,0	226	1,2	556	1,3
Volks-/Hauptschule, mittlere Reife, gleichwertige Schulbildung mit beruflichen Ausbildung	776.749	6.142	8,2	1.055	9,5	126	9,2	1.716	9,2	3245	7,4
FH-Reife/Abitur, kein beruflicher Abschluss	24.640	246	0,3	29	0,3	5	0,4	66	0,4	146	0,3

	Personen- Jahre	Gesamt N	%	Alzheimer N	%	Alzheimer/ Vaskulär N	%	Vaskulär N	%	Nicht näher bezeichnet N	%
FH-Reife/Abitur, beruflicher Abschluss	77.610	920	1,2	136	1,2	11	0,8	248	1,3	525	1,2
Abschluss Fachhochschule	56.328	834	1,1	105	0,9	3	0,2	209	1,1	517	1,2
Hochschul-/ Universitätsabschluss	64.395	649	0,9	113	1,0	13	0,9	186	1,0	337	0,8
Ausbildung unbekannt, Angabe nicht möglich	3.040.354	64.984	86,9	9.488	85,5	1204	87,5	15.950	85,7	38342	87,8
Beruf nach Blossfeld (Quelle: Blossfeld 1985)											
Beruf unbekannt, Angabe nicht möglich	2.898.610	552.539	66,8	9.269	83,5	1171	85,1	15657	84,2	37955	86,9
Agrarberufe	16.789	3.061	0,4	9	0,1	1	0,1	9	0,0	26	0,1
Einfache manuelle Berufe	199.364	36.010	4,4	75	0,7	12	0,9	109	0,6	238	0,5
Qualifizierte manuelle Berufe	187.227	34.008	4,1	61	0,5	7	0,5	111	0,6	213	0,5
Techniker	29.322	5.312	0,6	50	0,5	4	0,3	64	0,3	143	0,3
Ingenieure	12.573	2.282	0,3	21	0,2	3	0,2	34	0,2	58	0,1
Einfache Dienste	348.137	63.042	7,6	183	1,6	20	1,5	285	1,5	661	1,5
Qualifizierte Dienste	65.159	11.851	1,4	96	0,9	10	0,7	168	0,9	278	0,6
Semiprofessionen	110.401	19.984	2,4	194	1,7	17	1,2	290	1,6	565	1,3
Professionen	12.133	2.232	0,3	26	0,2	3	0,2	40	0,2	70	0,2
Einfache kaufmännische und Verwaltungsberufe	135.708	24.851	3,0	250	2,3	25	1,8	426	2,3	765	1,8
Qualifizierte kaufmännische und Verwaltungsberufe	323.014	58.910	7,1	707	6,4	85	6,2	1174	6,3	2140	4,9
Manager	31.112	5.665	0,7	78	0,7	13	0,9	127	0,7	226	0,5
Sonstige	40.908	7.416	0,9	75	0,7	5	0,4	107	0,6	330	0,8
Regionale SGB II Quote											
≤6,7	1.467.680	275.144	33,3	3.829	34,5	499	36,3	7.235	38,9	14.774	33,8
>6,7 - ≤7,5	719.699	134.364	16,2	1.913	17,2	187	13,6	2.649	14,2	7.427	17,0
>7,5 - ≤8,7	491.539	91.732	11,1	1.006	9,1	127	9,2	1.699	9,1	5.752	13,2
>8,7 - ≤12,7	1.302.330	244.948	29,6	3.109	28,0	366	26,6	4.666	25,1	12.069	27,6

	Personen- Jahre	Gesamt N	%	Alzheimer N	%	Alzheimer/ Vaskulär N	%	Vaskulär N	%	Nicht näher bezeichnet N	%
>12,7	429.210	80.975	9,8	1.237	11,2	197	14,3	2.352	12,6	3.646	8,3
Großstädte (nein/ja)											
Nein	2.919.127	546.064	66,0	7.272	65,5	883	64,2	12.210	65,6	29.830	68,3
Ja	1.491.330	281.099	34,0	3.822	34,5	493	35,8	6.391	34,4	13.838	31,7
Individuelle Daten zum Sozialstatus											
Daten voranden	2.729.989	521.799	63,1	9.157	82,5	1165	84,7	15.404	82,8	37.319	85,5
Nicht vorhanden	1.680.468	305.364	36,9	1.937	17,5	211	15,3	3.197	17,2	6.349	14,5

3.1.3.3 Inzidenzraten-Ratios (IRR) für eine neu diagnostizierte Depression

Etwa 90% der in die Analyse der depressiven Erkrankungen einbezogenen Versicherten war gegenüber einem Straßenverkehrslärmpegel (24 Stunden-Dauerschallpegel) von mindestens 40 dB exponiert. Knapp die Hälfte der in die Analyse der Depressionsrisiken einbezogenen Versicherten war einem entsprechenden Schienenverkehrslärmpegel ausgesetzt (45,9%). Etwa 60% der Versicherten waren gegenüber einem Fluglärmpegel (24 Stunden-Dauerschallpegel) von mindestens 40 dB oder gegenüber mindestens sechs nächtlichen Maximalpegeln von mindestens 50 dB gegenüber exponiert. Bei 77.295 Versicherten (11,8%) wurde eine neu diagnostizierte Depression festgestellt.

Es findet sich ein signifikanter Zusammenhang zwischen einer neu diagnostizierten Depression und allen Verkehrslärmexpositionen, d.h. Straßen-, Schienenverkehrslärm und Fluglärm (Tabelle 33). Den deutlichsten Zusammenhang weist eine neu diagnostizierte Depression mit Fluglärm auf: der Risikoanstieg liegt zwischen 8-11% pro 10 dB, gefolgt vom Risikoanstieg für Schienenverkehrslärm (4-5% pro 10 dB Pegelanstieg) und Straßenverkehrslärm (etwa 3-4% pro 10 dB Pegelanstieg). Die Spannweite der vorgenannten Risikoschätzer ist auf die unterschiedlichen Lärmmaße (24 Stunden-Dauerschallpegel, L_{DN}) zurückzuführen.

Für Straßenverkehrslärm findet sich ein nahezu monotoner Anstieg des Erkrankungsrisikos mit steigendem Lärmpegel. Das Risiko für eine neu diagnostizierte Depression steigt um 16% bei 24 Stunden-Dauerschallpegeln über 70 dB wie auch bei einem L_{DN} über 70 dB und um 10% bei einem Mittelungspegel über 60 dB für die Zeit von 22 bis 6 Uhr. Im linearen Ansatz findet sich pro 10 dB Anstieg des Straßenverkehrslärmpegels (24 Stunden-Dauerschallpegel) ein 3,8%iger Anstieg des Depressionsrisikos (IRR=1,038; 95% KI 1,029-1,046 pro 10 dB Pegelanstieg). Bei Betrachtung der Mittelungspegel für die Zeit von 22 bis 6 Uhr findet sich ein Risikoanstieg von 2,9% pro 10 dB Pegelanstieg.

Beim Schienenverkehrslärm ergibt der lineare Ansatz einen Anstieg des Depressionsrisikos um 4,8% pro 10 dB Anstieg des 24 Stunden-Dauerschallpegel (IRR=1,048; 95% KI 1,039-1,057). Der entsprechende Risikoanstieg liegt beim L_{DN} etwas niedriger (bei 3,6%). In der kategorisierten Auswertung zeigt sich bei deutlich geringeren Fallzahlen als beim Straßenverkehrslärm kein streng monotoner Verlauf. Der höchste Risikoanstieg findet sich mit einem Risikoschätzer (IRR) von 1,14 (95% KI 1,08-1,21) bei einem 24 Stunden-Dauerschallpegel von 60 bis <65 dB, bei höheren Lärmpegeln sinken die Risikoschätzer wieder. Für die Zeit von 22 bis 6 Uhr findet sich im linearen Ansatz ein Risikoanstieg von 4,2% pro 10 dB Pegelanstieg.

Für den Fluglärm findet sich im linearen Ansatz der vergleichsweise deutlichste Risikoanstieg um 10,7% pro 10 dB Anstieg des 24 Stunden-Dauerschallpegel (IRR=1,107; 95% KI 1,093-1,122). Auf der Grundlage des L_{DN} findet sich ein vergleichbarer Risikoanstieg (9,5% pro 10 dB). Allerdings zeigt sich in der kategorisierten Auswertung ein Risikoverlauf in Form einer umgekehrten U-Kurve: Die Risikoschätzer steigen auf 1,22 (24h-Dauerschallpegel) bzw. 1,20 (L_{DN}) bei Lärmpegeln von 50 – <55 dB an, um bei höheren Lärmpegeln wieder zu sinken. Bei Betrachtung des nächtlichen Mittelungspegels findet sich ein Risikoanstieg von 8,2% pro 10 dB Pegelanstieg. Personen mit nächtlichen Maximalpegeln von über 50 dB bei nächtlichen Mittelungspegeln von insgesamt unter 40dB weisen in der kategorisierten Analyse um 6% erhöhte Depressionsrisiken auf (IRR=1,06; 95% KI 1,04-1,08).

Tabelle 33: Inzidenzraten-Ratios (IRR) für den Zusammenhang zwischen Verkehrslärm und einer neu diagnostizierten Depression

	Straßenverkehrslärm				Schienenverkehrslärm				Fluglärm			
	Gesamt	Erkrankt	IRR	95%KI	Gesamt	Erkrankt	IRR	95%KI	Gesamt	Erkrankt	IRR	95%KI
24 Stunden-Dauerschallpegel												
<40dB, Max. <50dB	70.461	7.728	1,00	-	354.758	40.213	1,00	-	261.865	28.687	1,00	-
<40dB, Max. ≥50dB									42.335	4.647	1,01	0,98 - 1,05
≥40 – <45 dB	140.584	15.885	1,03	1,00 - 1,05	81.463	9.652	1,03	1,01 - 1,05	194.251	24.081	1,12	1,10 - 1,14
≥45 – <50 dB	157.319	18.694	1,06	1,03 - 1,09	102.300	12.929	1,11	1,08 - 1,13	103.458	13.231	1,18	1,15 - 1,20
≥50 – <55 dB	115.652	14.103	1,09	1,06 - 1,12	70.620	8.925	1,12	1,09 - 1,15	41.027	5.243	1,22	1,18 - 1,25
≥55 – <60 dB	71.353	8.359	1,05	1,02 - 1,08	28.224	3.362	1,06	1,02 - 1,10	12.438	1.395	1,08	1,02 - 1,14
≥60 – <65 dB	53.474	6.648	1,12	1,09 - 1,16	10.742	1.371	1,14	1,08 - 1,21	166	11	0,75	0,42 - 1,36
≥65 – <70 dB	36.495	4.540	1,12	1,08 - 1,17	4.685	556	1,08	1,00 - 1,17	-	-	-	-
≥70 dB	10.202	1.338	1,16	1,10 - 1,23	2.748	287	0,95	0,84 - 1,06	-	-	-	-
Kontinuierlich (Pro 10 dB)			1,038	1,029 - 1,046			1,048	1,039 - 1,057			1,107	1,093 - 1,122
L_{DN}												
<40dB, Max. <50dB	50.428	5.554	1,00	-	347.544	39.322	1,00	-	190.673	20.681	1,00	-
<40dB, Max. ≥50dB									229	25	0,93	0,63 - 1,37
≥40 – <45 dB	107.912	11.980	1,01	0,98 - 1,04	20.588	2.400	1,04	0,99 - 1,08	184.620	21.677	1,07	1,05 - 1,09
≥45 – <50 dB	140.529	16.621	1,06	1,03 - 1,09	47.007	5.568	1,04	1,01 - 1,07	166.153	20.847	1,14	1,12 - 1,16
≥50 – <55 dB	135.488	16.228	1,06	1,03 - 1,10	97.967	12.295	1,09	1,07 - 1,11	76.017	9.697	1,20	1,17 - 1,23
≥55 – <60 dB	90.543	10.818	1,06	1,03 - 1,10	81.274	10.425	1,14	1,11 - 1,16	31.423	3.657	1,12	1,08 - 1,16
≥60 – <65 dB	63.016	7611	1,08	1,05 – 1,12	38.366	4.535	1,05	1,02 - 1,08	6.425	711	1,10	1,01 - 1,18
≥65 – <70 dB	47.252	5836	1,11	1,07 – 1,16	13.008	1.617	1,11	1,06 - 1,17	-	-	-	-
≥70 dB	17.725	2647	1,16	1,11 – 1,22	9.786	1.133	1,05	0,99 - 1,11	-	-	-	-
Kontinuierlich (Pro 10 dB)			1,034	1,026 - 1,042			1,036	1,030 – 1,043			1,095	1,082 – 1,108
L_{Night}												
<40dB, Max. <50 dB	266.816	30.420	1,00	-	352.104	39.834	1,00	-	302.118	33.828	1,00	-

	Straßenverkehrslärm				Schienenverkehrslärm				Fluglärm			
	Gesamt	Erkrankt	IRR	95%KI	Gesamt	Erkrankt	IRR	95%KI	Gesamt	Erkrankt	IRR	95%KI
<40dB, Max. ≥50dB									173.037	20.990	1,06	1,04 - 1,08
≥40 – <45 dB	133.051	15.822	1,03	1,01 - 1,05	80.554	9.565	1,03	1,00 - 1,05	108.664	13.819	1,15	1,12 - 1,17
≥45 – <50 dB	102.981	12.407	1,04	1,01 - 1,06	98.546	12.582	1,11	1,09 - 1,13	51.214	6.358	1,15	1,12 - 1,19
≥50 – <55 dB	74.557	8.912	1,04	1,01 - 1,06	72.378	9.101	1,11	1,09 - 1,14	19.586	2.234	1,05	1,01 - 1,10
≥55 – <60 dB	52.301	6.445	1,07	1,05 - 1,10	32.127	3.840	1,06	1,02 - 1,10	921	66	0,74	0,58 - 0,94
≥60 dB	25.834	3.289	1,10	1,07 - 1,14	19.831	2.373	1,07	1,03 - 1,12	-	-	-	-
Kontinuierlich (Pro 10 dB)			1,029	1,021 - 1,038			1,042	1,019 - 1,027			1,082	1,065 – 1,099

Adjustierung für Alter, Geschlecht, Bildung (GKV), Berufsgruppe (GKV), SGBII Quote, Urbanität

3.1.3.3.1 Subanalyse von Personen mit bekanntem individuellem Sozialstatus

Werden nur Personen mit bekanntem individuellem Sozialstatus in die Analyse einbezogen, so finden sich für alle Verkehrslärmarten höhere Risikoschätzer als in der vorgenannten Gesamtauswertung (Tabelle 34). Auch hier sind die Risiken für eine neu diagnostizierte Depression bei Fluglärmbelastung deutlich höher als für Straßen- und Schienenverkehrslärm. Das Risiko für eine neu diagnostizierte Depression steigt für Fluglärm um 11-15% pro 10 dB Pegelanstieg, für Schienenverkehrslärm um 5-6% pro 10 dB und für Straßenverkehrslärm um 4-5% pro 10 dB Pegelanstieg.

Bei der Analyse der kategorisierten akustischen Daten zeigen sich ähnliche Verläufe wie in der Gesamtauswertung. Allerdings schwächt sich die umgekehrte U-Kurve – die den Risikoverlauf beim Fluglärm in der Gesamtauswertung beschreibt – deutlich ab. Auch in der kontinuierlichen Auswertung lassen sich bei Einschränkung auf Personen mit bekanntem sozioökonomischem Status höhere Risikoschätzer finden als in der Gesamtauswertung.

Tabelle 34: Inzidenzraten-Ratios (IRR) für den Zusammenhang zwischen Verkehrslärm und einer neu diagnostizierten Depression, nur Personen mit bekanntem sozioökonomischen Status

	Straßenverkehrslärm				Schienenverkehrslärm				Fluglärm			
	Gesamt	Erkrankt	IRR	95%KI	Gesamt	Erkrankt	IRR	95%KI	Gesamt	Erkrankt	IRR	95%KI
24 Stunden-Dauerschallpegel												
<40dB, Max. <50dB	26.061	2.675	1,00	-	133.521	14.593	1,00	-	96.450	10.072	1,00	-
<40dB, Max. ≥50dB									16.026	1.676	1,02	0,97 - 1,08
≥40 – <45 dB	52.225	5.731	1,06	1,01 - 1,11	30.756	3.659	1,07	1,03 - 1,10	74.073	9.102	1,16	1,12 - 1,19
≥45 – <50 dB	58.865	6.900	1,11	1,06 - 1,16	38.168	4.743	1,12	1,08 - 1,16	39.245	4.951	1,21	1,17 - 1,26
≥50 – <55 dB	44.053	5.315	1,14	1,08 - 1,19	26.563	3.402	1,17	1,13 - 1,22	15.743	2.053	1,32	1,25 - 1,39
≥55 – <60 dB	26.699	3.019	1,07	1,02 - 1,13	10.473	1.189	1,05	0,99 - 1,11	4.717	550	1,19	1,09 - 1,31
≥60 – <65 dB	20.559	2.485	1,17	1,10 - 1,23	3.965	501	1,18	1,08 - 1,29	70	8	1,35	0,67 - 2,72
≥65 – <70 dB	13.956	1.789	1,23	1,16 - 1,31	1.808	213	1,11	0,97 - 1,27	-	-	-	-
≥70 dB	3.906	498	1,19	1,08 - 1,31	1070	112	0,98	0,81 - 1,18	-	-	-	-
Kontinuierlich (Pro 10 dB)			1,049	1,035 - 1,062			1,061	1,046 - 1,076			1,152	1,128 - 1,177
L_{DN}												
<40dB, Max. <50dB	18.654	1.918	1,00	-	130.856	14.252	1,00	-	69.771	7.170	1,00	-
<40dB, Max. ≥50dB									78	6	0,69	0,32 - 1,50
≥40 – <45 dB	39.922	4.259	1,04	0,98 - 1,09	7.806	915	1,09	1,02 - 1,17	69.909	8.014	1,10	1,06 - 1,13
≥45 – <50 dB	52.527	6.130	1,12	1,06 - 1,17	17.868	2.165	1,10	1,05 - 1,15	63.181	7.825	1,18	1,14 - 1,22
≥50 – <55 dB	51.431	6.101	1,12	1,06 - 1,17	36.643	4.493	1,10	1,06 - 1,14	28.685	3.666	1,28	1,23 - 1,33
≥55 – <60 dB	34.002	3.941	1,09	1,04 - 1,16	30.385	3.929	1,18	1,14 - 1,23	12.252	1.457	1,22	1,15 - 1,30
≥60 – <65 dB	23.912	2.835	1,14	1,07 - 1,20	14.201	1656	1,08	1,03 - 1,14	2.448	274	1,21	1,07 - 1,37
≥65 – <70 dB	18.091	2.253	1,19	1,12 - 1,27	4.897	601	1,14	1,05 - 1,24				
≥70 dB	7.785	975	1,19	1,10 - 1,28	3.668	401	1,02	0,93 - 1,13				
Kontinuierlich (Pro 10 dB)			1,044	1,031 - 1,057			1,046	1,036 - 1,058			1,133	1,111 - 1,155
L_{Night}												

	Straßenverkehrslärm				Schienenverkehrslärm				Fluglärm			
	Gesamt	Erkrankt	IRR	95%KI	Gesamt	Erkrankt	IRR	95%KI	Gesamt	Erkrankt	IRR	95%KI
<40dB, Max. <50 dB	98.966	10.949	1,00	-	132.696	14.476	1,00	-	111.880	12.021	1,00	-
<40dB, Max. ≥50dB									65.830	7.951	1,10	1,07 - 1,13
≥40 – <45 dB	50.458	5.868	1,02	0,99 - 1,06	30.434	3.628	1,06	1,02 - 1,10	40.982	5.064	1,16	1,12 - 1,20
≥45 – <50 dB	38.728	4.583	1,04	1,00 - 1,07	36.885	4.655	1,13	1,09 - 1,16	19.815	2.512	1,25	1,19 - 1,31
≥50 – <55 dB	28.261	3.313	1,04	1,00 - 1,08	26.856	3.357	1,14	1,10 - 1,18	7.419	831	1,09	1,02 - 1,17
≥55 – <60 dB	20.095	2.472	1,10	1,05 - 1,15	12.042	1.440	1,11	1,05 - 1,17	398	33	0,90	0,64 - 1,27
≥60 dB	9.816	1.227	1,11	1,05 - 1,18	7.411	856	1,07	1,00 - 1,15	-	-	-	-
Kontinuierlich (Pro 10 dB)			1,036	1,022 - 1,051			1,052	1,038 - 1,067			1,113	1,111 - 1,155

Adjustierung für Alter, Geschlecht, Bildung (GKV), Berufsgruppe (GKV), SGBII Quote, Urbanität

3.1.3.3.2 Ambulante und stationäre Diagnosestellung

Betrachtet man nur diejenigen Depressionsfälle, die im Untersuchungszeitraum ausschließlich ambulant diagnostiziert bzw. behandelt wurden (Tabelle 35), so ergibt sich ein ähnliches Bild wie für die Gesamtgruppe. Jedoch liegen die Risikoschätzer bei Einschränkung auf die ambulanten Diagnosen etwas höher als bei Betrachtung der Gesamtgruppe.

Bei Einschränkung auf die (im Untersuchungszeitraum) mindestens einmal stationär diagnostizierten bzw. behandelten Depressionen (Tabelle 36) schwächt sich der Zusammenhang einer Depressionsdiagnose mit dem Straßen- und Schienenverkehrslärm ab; für den Fluglärm findet sich kein positiver Zusammenhang mit einer stationär diagnostizierten Depression.

Für den Straßenverkehrslärm findet sich bei Einschränkung auf stationär diagnostizierte Depressionen ein statistisch nicht signifikanter Risikoanstieg um 2,9% pro 10 dB Anstieg des 24 Stunden-Dauerschallpegel (IRR=1,029; 95% KI 0,993-1,066). Für den Schienenverkehrslärm beträgt der entsprechende Risikoanstieg 1,8% pro 10 dB Pegelanstieg (IRR=1,018; 95% KI 0,979-1,059). Beim Fluglärm findet sich bei vergleichsweise sehr geringen Fallzahlen ein statistisch signifikanter negativer Zusammenhang (IRR pro 10 dB Pegelanstieg=0,921; 95% KI 0,866-0,980).

Berücksichtigung des individuellen sozioökonomischen Status

Wenn bei Betrachtung der ambulanten Diagnosen nur Personen mit bekanntem sozioökonomischem Status in die Analyse eingeschlossen werden, so ergeben sich ähnliche Verläufe. Die Risikoschätzer liegen in dieser Subanalyse wiederum etwas höher als bei Einschluss der Gesamtgruppe (Tabelle 37).

Werden bei der Analyse der stationär diagnostizierten Depressionen nur Personen mit individuellem sozioökonomischen Status eingeschlossen (Tabelle 38), so verliert der negative Zusammenhang zwischen Fluglärmexposition und einer stationär diagnostizierten Depression seine statistische Signifikanz (IRR pro 10 dB Anstieg des 24 Stunden-Dauerschallpegels=0,988; 95% KI 0,899-1,086); für den nächtlichen Fluglärm zeigt sich jetzt ein statistisch nicht signifikanter positiver Zusammenhang mit dem Fluglärm (IRR pro 10 dB Pegelanstieg=1,013; 95% KI 0,916-1,084). Für den Straßenverkehrslärm findet sich bei Einschränkung auf Personen mit bekanntem sozioökonomischem Status ein statistisch nicht signifikanter Risikoanstieg für eine stationär behandelte Depression von 3,0% pro 10 dB Anstieg des 24 Stunden-Dauerschallpegel (IRR=1,030; 95% KI 0,975-1,088). Für den Schienenverkehrslärm liegen die Risikoschätzer in dieser Analyse um die 1.

Tabelle 35: Inzidenzraten-Ratios (IRR) für den Zusammenhang zwischen Verkehrslärm und einer ausschließlich ambulant diagnostizierten Depression

	Straßenverkehrslärm				Schienenverkehrslärm				Fluglärm			
	Gesamt	Erkrankt	IRR	95%KI	Gesamt	Erkrankt	IRR	95%KI	Gesamt	Erkrankt	IRR	95%KI
24 Stunden-Dauerschallpegel												
<40dB, Max. <50dB	70.461	7.327	1,00	-	354.758	38.137	1,00	-	261.865	28.687	1,00	-
<40dB, Max. ≥50dB									42.335	4.647	1,01	0,98 - 1,05
≥40 – <45 dB	140.584	15.095	1,03	1,00 - 1,06	81.463	9.152	1,03	1,00 - 1,05	194.251	24.081	1,12	1,10 - 1,14
≥45 – <50 dB	157.319	17.719	1,06	1,03 - 1,09	102.300	12.304	1,11	1,09 - 1,13	103.458	13.231	1,18	1,15 - 1,20
≥50 – <55 dB	115.652	13.455	1,09	1,06 - 1,12	70.620	8.515	1,13	1,10 - 1,15	41.027	5.243	1,22	1,18 - 1,25
≥55 – <60 dB	71.353	7.878	1,04	1,01 - 1,08	28.224	3.202	1,06	1,02 - 1,10	12.438	1.395	1,08	1,02 - 1,14
≥60 – <65 dB	53.474	6.354	1,13	1,09 - 1,17	10.742	1.306	1,15	1,09 - 1,21	166	11	0,75	0,42 - 1,36
≥65 – <70 dB	36.495	4.303	1,12	1,08 - 1,17	4.685	526	1,08	0,99 - 1,18	-	-	-	-
≥70 dB	10.202	1.281	1,17	1,11 - 1,25	2.748	270	0,94	0,84 - 1,06	-	-	-	-
Kontinuierlich (Pro 10 dB)			1,038	1,030 - 1,047			1,050	1,040 - 1,059			1,107	1,093 - 1,122
L_{DN}												
<40dB, Max. <50dB	50.428	5.261	1,00	-	347.544	37.284	1,00	-	190.673	19.517	1,00	-
<40dB, Max. ≥50dB												
≥40 – <45 dB	107.912	11.374	1,01	0,98 - 1,05	20.588	2.272	1,04	0,99 - 1,08	229	24	0,94	0,63 - 1,39
≥45 – <50 dB	140.529	15.806	1,07	1,03 - 1,10	47.007	5.286	1,04	1,01 - 1,07	184.620	20.558	1,07	1,05 - 1,10
≥50 – <55 dB	135.488	15.416	1,07	1,03 - 1,10	97.967	11.691	1,09	1,07 - 1,12	166.153	19.857	1,15	1,13 - 1,17
≥55 – <60 dB	90.543	10.247	1,06	1,03 - 1,10	81.274	9.940	1,14	1,12 - 1,17	76.017	9.267	1,22	1,18 - 1,25
≥60 – <65 dB	63.016	7:239	1,09	1,05 - 1,13	38.366	4.325	1,06	1,02-1,09	31.423	3.511	1,14	1,10 - 1,18
≥65 – <70 dB	47.252	5:544	1,12	1,08 - 1,16	13.008	1.539	1,12	1,06 - 1,17	6.425	678	1,11	1,03 - 1,20
≥70 dB	17.725	2:525	1,17	1,11 - 1,23	9.786	1.075	1,05	0,99 - 1,11	-	-	-	-
Kontinuierlich (Pro 10 dB)			1,034	1,026 - 1,043			1,038	1,031 - 1,045			1,105	1,091 - 1,118
L_{Night}												
<40dB, Max. <50 dB	266.816	28.892	1,00	-	352.104	37.777	1,00	-	302.118	31.954	1,00	-
<40dB, Max. ≥50dB									173.037	19.983	1,07	1,05 - 1,09
≥40 – <45 dB	133.051	15.023	1,03	1,01 - 1,05	80.554	9.080	1,03	1,00 - 1,05	108.664	13.198	1,16	1,13 - 1,18

	Straßenverkehrslärm				Schienenverkehrslärm				Fluglärm			
	Gesamt	Erkrankt	IRR	95%KI	Gesamt	Erkrankt	IRR	95%KI	Gesamt	Erkrankt	IRR	95%KI
≥45 – <50 dB	102.981	11.792	1,04	1,01 - 1,06	98.546	11.965	1,11	1,09 - 1,14	51.214	6.066	1,17	1,13 - 1,20
≥50 – <55 dB	74.557	8.447	1,03	1,01 - 1,06	72.378	8.676	1,12	1,09 - 1,14	19.586	2.151	1,07	1,03 - 1,12
≥55 – <60 dB	52.301	6.119	1,07	1,04 - 1,10	32.127	3.655	1,06	1,03 - 1,10	921	60	0,72	0,56 - 0,92
≥60 dB	25.834	3.139	1,11	1,07 - 1,15	19.831	2.259	1,08	1,03 - 1,12	-	-	-	-
Kontinuierlich (Pro 10 dB)			1,030	1,021 - 1,039			1,043	1,034 - 1,052			1,091	1,074 - 1,109

Adjustierung für Alter, Geschlecht, Bildung (GKV), Berufsgruppe (GKV), SGBII Quote, Urbanität

Tabelle 36: Inzidenzraten-Ratios (IRR) für den Zusammenhang zwischen Verkehrslärm und einer mindestens einmal stationär diagnostizierten Depression

	Straßenverkehrslärm				Schienenverkehrslärm				Fluglärm			
	Gesamt	Erkrankt	IRR	95%KI	Gesamt	Erkrankt	IRR	95%KI	Gesamt	Erkrankt	IRR	95%KI
24 Stunden-Dauerschallpegel												
<40dB, Max. <50dB	70.461	401	1,00	-	38.137	2.076	1,00	-	261.865	1.614	1,00	-
<40dB, Max. ≥50dB									42.335	233	0,92	0,80 - 1,06
≥40 – <45 dB	140.584	790	0,99	0,88 - 1,11	9.152	500	1,05	0,95 - 1,16	194.251	1178	0,98	0,90 - 1,06
≥45 – <50 dB	157.319	975	1,09	0,97 - 1,23	12.304	625	1,06	0,97 - 1,16	103.458	594	0,93	0,84 - 1,03
≥50 – <55 dB	115.652	648	0,99	0,87 - 1,12	8.515	410	1,03	0,92 - 1,14	41.027	209	0,83	0,71 - 0,97
≥55 – <60 dB	71.353	481	1,18	1,03 - 1,35	3.202	160	1,00	0,85 - 1,17	12.438	54	0,67	0,51 - 0,89
≥60 – <65 dB	53.474	294	0,97	0,83 - 1,13	1.306	65	1,07	0,84 - 1,37	166	1	-	-
≥65 – <70 dB	36.495	237	1,14	0,97 - 1,34	526	30	1,13	0,79 - 1,62	-	-	-	-
≥70 dB	10.202	57	0,98	0,74 - 1,29	270	17	1,04	0,64 - 1,68	-	-	-	-
Kontinuierlich (Pro 10 dB)			1,029	0,993 - 1,066			1,018	0,979 - 1,059			0,921	0,866 - 0,980
L_{DN}												
<40dB, Max. <50dB	50.428	293	1,00	-	347.544	2.038	1,00	-	190.673	1.164	1,00	-
<40dB, Max. ≥50dB									229	1	0,80	0,11 - 5,66
≥40 – <45 dB	107.912	606	0,96	0,84 - 1,11	20.588	128	1,06	0,88 - 1,27	184.620	1.119	0,98	0,90 - 1,07
≥45 – <50 dB	140.529	815	1,00	0,87 - 1,14	47.007	282	1,03	0,91 - 1,17	166.153	990	0,97	0,89 - 1,07
≥50 – <55 dB	135.488	812	1,03	0,90 - 1,18	97.967	604	1,06	0,97 - 1,16	76.017	430	0,93	0,83 - 1,05
≥55 – <60 dB	90.543	571	1,09	0,94 - 1,25	81.274	485	1,05	0,95 - 1,16	31.423	146	0,74	0,62 - 0,89
≥60 – <65 dB	63.016	372	1,02	0,87 - 1,19	38.366	210	0,97	0,84-1,12	6.425	33	0,81	0,57 - 1,16
≥65 – <70 dB	47.252	292	1,06	0,90 - 1,25	13.008	78	1,05	0,84 - 1,32	-	-	-	-
≥70 dB	17.725	122	1,03	0,83 - 1,27	9.786	58	1,03	0,79 - 1,34	-	-	-	-
Kontinuierlich (Pro 10 dB)			1,025	0,991 - 1,061			1,016	0,986 - 1,046			0,936	0,886 - 0,988
L_{Night}												
<40dB, Max. <50 dB	266.816	1.528	1,00	-	37.777	2.057	1,00	-	302.118	1.874	1,00	-
<40dB, Max. ≥50dB									173.037	1007	0,95	0,87 - 1,02
≥40 – <45 dB	133.051	799	1,05	0,96 - 1,14	9.080	485	1,03	0,93 - 1,14	108.664	621	0,95	0,86 - 1,04

	Straßenverkehrslärm				Schienenverkehrslärm				Fluglärm			
	Gesamt	Erkrankt	IRR	95%KI	Gesamt	Erkrankt	IRR	95%KI	Gesamt	Erkrankt	IRR	95%KI
≥45 – <50 dB	102.981	615	1,04	0,95 - 1,14	11.965	617	1,09	0,99 - 1,19	51.214	292	0,93	0,81 - 1,06
≥50 – <55 dB	74.557	465	1,09	0,98 - 1,21	8.676	425	1,04	0,94 - 1,16	19.586	83	0,67	0,53 - 0,84
≥55 – <60 dB	52.301	326	1,09	0,96 - 1,22	3.655	185	1,02	0,87 - 1,19	921	6	1,04	0,46 - 2,33
≥60 dB	25.834	150	1,01	0,86 - 1,20	2.259	114	1,01	0,83 - 1,22	-	-	-	-
Kontinuierlich (Pro 10 dB)			1,024	0,987 - 1,063			1,020	0,981 - 1,060			0,911	0,844 - 0,982

Adjustierung für Alter, Geschlecht, Bildung (GKV), Berufsgruppe (GKV), SGBII Quote, Urbanität

Tabelle 37: Inzidenzraten-Ratios (IRR) für den Zusammenhang zwischen Verkehrslärm und einer ausschließlich ambulant diagnostizierten Depression, nur Personen mit bekanntem Sozialstatus

	Straßenverkehrslärm				Schienenverkehrslärm				Fluglärm			
	Gesamt	Ambulant behandelt	IRR	95%KI	Gesamt	Ambulant behandelt	IRR	95%KI	Gesamt	Ambulant behandelt	IRR	95%KI
24 Stunden-Dauerschallpegel												
<40dB, Max. <50dB	26.061	2.509	1,00	-	133.521	14.593	1,00	-	96.450	9.419	1,00	-
<40dB, Max. ≥50dB									16.026	1.577	1,03	0,97-1,08
≥40 – <45 dB	52.225	5.389	1,06	1,01 - 1,12	30.756	3.659	1,07	1,03 - 1,10	74.073	8.603	1,17	1,13-1,20
≥45 – <50 dB	58.865	6.499	1,11	1,06 - 1,16	38.168	4.743	1,12	1,08 - 1,16	39.245	4.682	1,23	1,18-1,28
≥50 – <55 dB	44.053	5.048	1,15	1,09 - 1,20	26.563	3.402	1,17	1,13 - 1,22	15.743	1.956	1,35	1,28-1,42
≥55 – <60 dB	26.699	2.806	1,06	1,00 - 1,12	10.473	1.189	1,05	0,99 - 1,11	4.717	524	1,22	1,11-1,34
≥60 – <65 dB	20.559	2.370	1,19	1,12 - 1,25	3.965	501	1,18	1,08 - 1,29	70	7	1,28	0,60-2,70
≥65 – <70 dB	13.956	1.668	1,23	1,15 - 1,30	1.808	213	1,11	0,97 - 1,27	-	-	-	-
≥70 dB	3.906	479	1,22	1,10 - 1,34	1070	112	0,98	0,81 - 1,18	-	-	-	-
Kontinuierlich (Pro 10 dB)			1,050	1,036-1,065			1,061	1,046 - 1,076			1,164	1,138-1,190
L_{DN}												
<40dB, Max. <50dB	18.654	1.793	1,00	-	130.856	13.381	1,00	-	69.771	6.701	1,00	-
<40dB, Max. ≥50dB									78	6	0,73	0,34-1,58
≥40 – <45 dB	39.922	4.003	1,04	0,99 - 1,10	7.806	852	1,09	1,01 - 1,16	69.909	7.544	1,11	1,07-1,14
≥45 – <50 dB	52.527	5.784	1,12	1,07 - 1,19	17.868	2.038	1,10	1,05 - 1,16	63.181	7.407	1,19	1,15-1,24
≥50 – <55 dB	51.431	5.761	1,13	1,07 - 1,19	36.643	4.238	1,10	1,06 - 1,14	28.685	3.468	1,30	1,24-1,35
≥55 – <60 dB	34.002	3.705	1,10	1,04 - 1,16	30.385	3.739	1,20	1,15 - 1,24	12.252	1.384	1,25	1,17-1,32
≥60 – <65 dB	23.912	2.673	1,15	1,08 - 1,22	14.201	1.574	1,10	1,04 - 1,16	2.448	258	1,22	1,08-1,39
≥65 – <70 dB	18.091	2.123	1,20	1,13 - 1,28	4.897	567	1,14	1,05 - 1,24				
≥70 dB	7.785	926	1,21	1,11 - 1,30	3.668	379	1,03	0,93 - 1,14				
Kontinuierlich (Pro 10 dB)			1,046	1,032 - 1,060			1,050	1,039 - 1,061			1,143	1,120 - 1,166
L_{Night}												
<40dB, Max. <50dB	98.966	10.306	1,00	-	132.696	13.588	1,00	-	111.880	11.251	1,00	-

	Straßenverkehrslärm				Schienenverkehrslärm				Fluglärm			
	Gesamt	Ambulant behandelt	IRR	95%KI	Gesamt	Ambulant behandelt	IRR	95%KI	Gesamt	Ambulant behandelt	IRR	95%KI
<40dB, Max. ≥50dB									65.830	7.529	1,11	1,08-1,15
≥40 – <45 dB	50.458	5.527	1,02	0,99 - 1,06	30.434	3.413	1,06	1,03 - 1,11	40.982	4.796	1,18	1,14-1,22
≥45 – <50 dB	38.728	4.329	1,04	1,00 - 1,08	36.885	4.395	1,13	1,09 - 1,17	19.815	2.369	1,26	1,20-1,32
≥50 – <55 dB	28.261	3.119	1,04	1,00 - 1,09	26.856	3.197	1,15	1,11 - 1,20	7.419	792	1,11	1,03-1,20
≥55 – <60 dB	20.095	2.320	1,10	1,05 - 1,15	12.042	1.365	1,12	1,05 - 1,18	398	31	0,91	0,64-1,29
≥60 dB	9.816	1.167	1,12	1,06 - 1,19	7.411	810	1,08	1,00 - 1,16	-	-	-	-
Kontinuierlich (Pro 10 dB)			1,038	1,023 - 1,052			1,056	1,041 - 1,071			1,120	1,090 - 1,150

Adjustierung für Alter, Geschlecht, Bildung (GKV), Berufsgruppe (GKV), SGBII Quote, Urbanität

Tabelle 38: Inzidenzraten-Ratios (IRR) für den Zusammenhang zwischen Verkehrslärm und einer mindestens einmal stationär diagnostizierten Depression, nur Personen mit bekanntem Sozialstatus

	Straßenverkehrslärm				Schienenverkehrslärm				Fluglärm			
	Gesamt	Stationär behandelt	IRR	95%KI	Gesamt	Stationär behandelt	IRR	95%KI	Gesamt	Stationär behandelt	IRR	95%KI
24 Stunden-Dauerschallpegel												
<40dB, Max. <50dB	26.061	166	1,00	-	133.521	886	1,00	-	96.450	653	1,00	1,00-1,00
<40dB, Max. ≥50dB									16.026	99	0,94	0,76-1,16
≥40 – <45 dB	52.225	342	1,03	0,86 - 1,24	30.756	224	1,10	0,95 - 1,27	74.073	499	0,99	0,87-1,12
≥45 – <50 dB	58.865	401	1,07	0,89 - 1,28	38.168	267	1,06	0,92 - 1,22	39.245	269	1,02	0,87-1,20
≥50 – <55 dB	44.053	267	0,95	0,78 - 1,16	26.563	159	0,94	0,79 - 1,11	15.743	97	0,95	0,75-1,20
≥55 – <60 dB	26.699	213	1,25	1,02 - 1,53	10.473	61	0,90	0,69 - 1,17	4.717	26	0,84	0,56-1,26
≥60 – <65 dB	20.559	115	0,89	0,70 - 1,13	3.965	28	1,10	0,76 - 1,61	70	1	2,24	0,31-16,05
≥65 – <70 dB	13.956	121	1,39	1,09 - 1,76	1.808	12	1,06	0,60 - 1,88	-	-	-	-
≥70 dB	3.906	19	0,76	0,47 - 1,23	1070	7	0,99	0,47 - 2,09	-	-	-	-
Kontinuierlich (Pro 10 dB)			1,030	0,975-1,088			0,994	0,934 - 1,057			0,988	0,899-1,086
L_{DN}												
<40dB, Max. <50dB	18.654	125	1,00	-	130.856	871	1,00	-	69.771	469	1,00	1,00-1,00
<40dB, Max. ≥50dB									78	0	-	-
≥40 – <45 dB	39.922	256	0,95	0,77 - 1,18	7.806	63	1,23	0,95 - 1,60	69.909	470	1,00	0,87-1,14
≥45 – <50 dB	52.527	346	0,98	0,80 - 1,21	17.868	127	1,08	0,89 - 1,30	63.181	418	0,98	0,85-1,13
≥50 – <55 dB	51.431	340	0,98	0,80 - 1,21	36.643	255	1,04	0,91 - 1,20	28.685	198	1,06	0,89-1,28
≥55 – <60 dB	34.002	236	1,03	0,83 - 1,28	30.385	190	0,96	0,82 - 1,13	12.252	73	0,92	0,70-1,20
≥60 – <65 dB	23.912	162	1,02	0,80 - 1,29	14.201	82	0,90	0,71 - 1,13	2.448	16	1,04	0,62-1,73
≥65 – <70 dB	18.091	130	1,08	0,84 - 1,39	4.897	34	1,07	0,76 - 1,51				
≥70 dB	7.785	49	0,94	0,67 - 1,31	3.668	22	0,93	0,61 - 1,42				

	Straßenverkehrslärm				Schienenverkehrslärm				Fluglärm			
	Gesamt	Stationär behandelt	IRR	95%KI	Gesamt	Stationär behandelt	IRR	95%KI	Gesamt	Stationär behandelt	IRR	95%KI
Kontinuierlich (Pro 10 dB)			1,025	0,971 - 1,081			0,997	0,952 - 1,043			0,996	0,916 - 1,084
L_{Night}												
<40dB, Max. <50dB	98.966	643	1,00	-	132.696	888	1,00	-	111.880	770	1,00	1,00-1,00
<40dB, Max. ≥50dB									65.830	422	0,94	0,83-1,06
≥40 – <45 dB	50.458	341	1,03	0,91 - 1,18	30.434	215	1,05	0,90 - 1,22	40.982	268	0,97	0,84-1,12
≥45 – <50 dB	38.728	254	1,00	0,87 - 1,16	36.885	260	1,05	0,91 - 1,21	19.815	143	1,10	0,91-1,35
≥50 – <55 dB	28.261	194	1,06	0,90 - 1,25	26.856	160	0,91	0,77 - 1,08	7.419	39	0,78	0,56-1,10
≥55 – <60 dB	20.095	152	1,17	0,98 - 1,40	12.042	75	0,96	0,76 - 1,22	398	2	0,80	0,20-3,27
≥60 dB	9.816	60	0,95	0,73 - 1,24	7.411	46	0,95	0,70 - 1,28	0	-	-	-
Kontinuierlich (Pro 10 dB)			1,024	0,967 - 1,085			0,986	0,928 - 1,048			1,013	0,916 - 1,084

Adjustierung für Alter, Geschlecht, Bildung (GKV), Berufsgruppe (GKV), SGBII Quote, Urbanität

3.1.3.3 Stratifizierung nach Geschlecht

Erwartungsgemäß sind Frauen in dem Sekundärdatensatz häufiger von einer Depression betroffen als Männer (15,5% versus 7,9%). Von 338.387 Frauen hatten 52.381 eine neu diagnostizierte Depression. Bei den Männern waren es 24.914 von 317.153 (keine tabellarische Darstellung). Insgesamt zeigen sich keine substantiellen Unterschiede in den Risikoschätzern zwischen Frauen und Männern.

3.1.3.4 Stratifizierung nach Alter

Für die altersstratifizierte Analyse wurden nur Personen mit bekanntem individuellem Sozialstatus einbezogen. Insgesamt gingen in diese Analyse Daten von 223.889 Versicherten im Alter von bis zu 60 Jahren und von 22.435 Personen mit einem Alter über 60 Jahren ein (keine tabellarische Darstellung).

Insgesamt waren jüngere Versicherte etwas häufiger von einer neu diagnostizierten Depression betroffen als Versicherte über 60 Jahre (11,8% versus 8,7%).

Im Ergebnis finden sich bei Stratifizierung nach Altersgruppe keine substantiellen Unterschiede in den Risikoschätzern für den Straßenverkehrslärm. Die Risiken liegen bei 4-5% pro 10 dB Straßenverkehrslärmpegel für Personen unter 60 Jahre und bei 3-5% pro 10 dB Pegelanstieg für Personen über 60 Jahre. Die Ergebnisse zum Zusammenhang zwischen neu diagnostizierter Depression und Schienenverkehrslärm sowie Fluglärm weisen auf etwas höhere Risikoschätzer für jüngere Versicherte hin. Für den Fluglärm finden sich Risiken von 12-15% pro 10 dB für Versicherte unter 60 Jahren und von 8-14% pro 10 dB für ältere Versicherte. Die Risikoschätzer für eine Depression liegen bei jüngeren Personen bis 60 Jahre bei 5-6% pro 10 dB Schienenverkehrslärm und bei Personen mit einem Alter über 60 Jahren bei 2% pro 10 dB Schienenverkehrslärm.

3.1.3.4 Inzidenzraten-Ratios für eine neudiagnostizierte Angststörung

Etwa 89% der in die Analyse der Angststörungen einbezogenen Versicherten war gegenüber einem Straßenverkehrslärmpegel (24 Stunden-Dauerschallpegel) von mindestens 40 dB exponiert. Knapp ein Drittel der in die Auswertung der Angststörungen einbezogenen Versicherten war einem entsprechenden Schienenverkehrslärmpegel ausgesetzt (33,9%). Etwa die Hälfte der Versicherten war gegenüber einem Fluglärmpegel (24 Stunden-Dauerschallpegel) von mindestens 40 dB oder gegenüber mindestens sechs nächtlichen Maximalpegeln von mindestens 50 dB gegenüber exponiert. Bei 21.057 Versicherten (3,2%) enthielten die Krankenkassendaten eine neu diagnostizierte Angststörung.

Es findet sich ein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen einer neu diagnostizierten Angststörung und allen Verkehrslärmexpositionen, d.h. Straßen-, Schienenverkehrslärm und Fluglärm. Den deutlichsten Zusammenhang weist eine neu diagnostizierte Angststörung mit Fluglärm auf: der Risikoanstieg liegt zwischen 10-12% pro 10 dB, gefolgt vom Risikoanstieg für Schienenverkehrslärm (4-5% pro 10 dB) und Straßenverkehrslärm (etwa 2-3% pro 10 dB). Die Spannweite der vorgenannten Risikoschätzer ist auf die unterschiedlichen Lärmmaße (24 Stunden-Dauerschallpegel, L_{DN}) zurückzuführen.

Beim Straßenverkehrslärm ergibt der lineare Ansatz einen Anstieg des Risikos für eine Angststörung um 2,7% pro 10 dB Anstieg des 24 Stunden-Dauerschallpegel (IRR=1,027; 95% KI

1,011-1,043). Für den L_{DN} findet sich ein vergleichbarer Risikoanstieg (2,6% pro 10 dB Pegelanstieg). In der kategorisierten Auswertung findet sich der höchste Risikoschätzer von 1,13 bei einem L_{DN} zwischen 65 und <70 dB. Für den L_{Night} findet sich im linearen Ansatz ein Risikoanstieg von 2,3% pro 10 dB Pegelanstieg.

Pro 10 dB Anstieg des 24 Stunden-Dauerschallpegel Schienenverkehrslärm zeigt sich im linearen Ansatz ein Anstieg des Risikos für eine Angststörung um 5,3% (IRR=1,053; 95% KI 1,035-1,070). Der entsprechende Risikoanstieg liegt beim L_{DN} etwas niedriger (bei 4,0%). In der kategorisierten Auswertung finden sich die höchsten Risikoanstiege bei 50 bis <55 dB 24 Stunden-Dauerschallpegel bzw. bei einem L_{DN} zwischen 55 und <60 dB. Bei höheren Lärmpegeln sinken die Risikoschätzer wieder. Für die Zeit von 22 bis 6 Uhr findet sich im linearen Ansatz ein Risikoanstieg von 4,1% pro 10 dB Pegelanstieg.

Für den Fluglärm findet sich im linearen Ansatz der vergleichsweise deutlichste Risikoanstieg um 10,6% pro 10 dB Anstieg des 24 Stunden-Dauerschallpegel (IRR=1,106; 95% KI 1,078-1,135). Auf der Grundlage des L_{DN} findet sich ein vergleichbarer Risikoanstieg (IRR=1,115; 95% KI 1,089-1,140 pro 10 dB Pegelanstieg). In der kategorisierten Auswertung findet sich ein nahezu monotoner Anstieg des Risikos für eine Angststörung mit steigendem Lärmpegel (gilt für den 24 Stunden-Dauerschallpegel ebenso wie für den L_{DN}). Bei Betrachtung der Mittelungspegel für die Zeit von 22 bis 6 Uhr findet sich ein Risikoanstieg von 6,0% pro 10 dB Pegelanstieg; allerdings weist die Expositions-Risiko-Beziehung hier eine umgekehrte U-Form auf. Personen mit nächtlichen Maximalpegeln von über 50 dB bei nächtlichen Mittelungspegeln von insgesamt unter 40dB weisen in dieser kategorisierten Analyse ein um 13% erhöhtes Risiko für eine Angststörung auf (IRR=1,13; 95% KI 1,09-1,17).

Die Ergebnisse sind in Tabelle 39 dargestellt.

Tabelle 39: Inzidenzraten-Ratios (IRR) für den Zusammenhang zwischen Verkehrslärm und einer neu diagnostizierten Angststörung

	Straßenverkehrslärm				Schienenverkehrslärm				Fluglärm			
	Gesamt	Erkrankt	IRR	95%KI	Gesamt	Erkrankt	IRR	95%KI	Gesamt	Erkrankt	IRR	95%KI
24 Stunden-Dauerschallpegel												
<40dB, Max. <50dB	85.976	2.028	1,00	-	433.201	10.610	1,00	1,00 - 1,00	319.904	7.379	1,00	-
<40dB, Max. ≥50dB									51.414	1.265	1,10	1,04 - 1,17
≥40 – <45 dB	172.095	4.217	1,02	0,96 - 1,07	100.198	2.818	1,09	1,05 - 1,14	239.489	6.899	1,18	1,13 - 1,22
≥45 – <50 dB	193.260	5.112	1,06	1,00 - 1,11	127.205	3.640	1,12	1,08 - 1,16	128.722	3.722	1,19	1,14 - 1,25
≥50 – <55 dB	3.941,08	3.940	1,08	1,02 - 1,14	87.890	2.504	1,15	1,10 - 1,20	1.378,18	1.377	1,18	1,11 - 1,26
≥55 – <60 dB	88.124	2.317	1,04	0,98 - 1,11	34.819	896	1,05	0,98 - 1,13	15.249	411	1,18	1,07 - 1,31
≥60 – <65 dB	66.031	1.853	1,11	1,04 - 1,18	353,08	352	1,08	0,97 - 1,21	195	4	1,25	0,47 - 3,32
≥65 – <70 dB	44.923	1.216	1,06	0,98 - 1,13	5.746	147	1,04	0,88 - 1,22	-	-	-	-
≥70 dB	12.680	374	1,11	0,99 - 1,24	3.350	90	1,12	0,91 - 1,38	-	-	-	-
Kontinuierlich (Pro 10 dB)			1,027	1,011 - 1,043			1,053	1,035 - 1,070			1,106	1,078 - 1,135
L_{DN}												
<40dB, Max. <50dB	61.456	1.416	1,00	-	424.325	10.360	1,00	-	233.604	5.175	1,00	-
<40dB, Max. ≥50dB									293	6	0,83	0,37 - 1,86
≥40 – <45 dB	131.857	3.168	1,03	0,97 - 1,10	25.132	713	1,14	1,06 - 1,23	225.564	6.199	1,18	1,14 - 1,23
≥45 – <50 dB	172.754	4.505	1,08	1,01 - 1,14	58.058	1.605	1,09	1,04 - 1,15	205.433	5.857	1,21	1,16 - 1,26
≥50 – <55 dB	166.827	4.544	1,10	1,03 - 1,16	121.517	3.524	1,12	1,08 - 1,17	94.674	2.600	1,21	1,15 - 1,27
≥55 – <60 dB	111.513	2.982	1,08	1,01 - 1,15	101.317	2.943	1,16	1,12 - 1,21	38.209	1.017	1,23	1,14 - 1,32
≥60 – <65 dB	77.819	2.112	1,10	1,03 - 1,18	47.319	1.178	1,02	0,96 - 1,09	7.911	203	1,25	1,08 - 1,44
≥65 – <70 dB	58.260	1.649	1,13	1,05 - 1,22	15.925	425	1,09	0,99 – 1,20	-	-	-	-
≥70 dB	25.202	681	1,06	0,97 - 1,17	12.095	309	1,05	0,94 – 1,18	-	-	-	-
Kontinuierlich (Pro 10 dB)			1,026	1,011 - 1,041			1,040	1,028 - 1,053			1,115	1,089 - 1,140
L_{Night}												
<40dB, Max. <50 dB	327.032	8.040	1,00	-	429.878	10.563	1,00	-	369.305	8.903	1,00	-

	Straßenverkehrslärm				Schienenverkehrslärm				Fluglärm			
	Gesamt	Erkrankt	IRR	95%KI	Gesamt	Erkrankt	IRR	95%KI	Gesamt	Erkrankt	IRR	95%KI
<40dB, Max. ≥50dB									213.409	6.082	1,13	1,09 - 1,17
≥40 – <45 dB	163.412	4.399	1,05	1,01 - 1,09	99.220	2.737	1,06	1,02 - 1,11	134.986	3.761	1,15	1,11 - 1,20
≥45 – <50 dB	126.829	3.436	1,04	1,00 - 1,08	122.519	3.632	1,14	1,09 - 1,18	2.336	1.700	1,14	1,07 - 1,20
≥50 – <55 dB	92.030	2.468	1,04	0,99 - 1,09	90.227	2.495	1,11	1,06 - 1,16	23.855	590	1,05	0,96 - 1,14
≥55 – <60 dB	1.882,12	1.881	1,12	1,06 - 1,18	39.457	982	1,01	0,95 - 1,08	1.110	21	1,03	0,67 - 1,59
≥60 dB	31.838	833	0,99	0,92 - 1,07	24.387	648	1,08	1,00 - 1,17	-	-	-	-
Kontinuierlich (Pro 10 dB)			1,023	1,007 - 1,040			1,041	1,025 - 1,058			1,060	1,027 - 1,093

Adjustierung für Alter, Geschlecht, Bildung (GKV), Berufsgruppe (GKV), SGBII Quote, Urbanität

3.1.3.4.1 Subanalyse von Personen mit bekanntem individuellen Sozialstatus

Werden nur Personen mit bekanntem individuellem Sozialstatus in die Analyse einbezogen, so finden sich alle Verkehrslärmarten Risikoschätzer in vergleichbarer Größenordnung wie in der vorgenannten Gesamtauswertung (Tabelle 40). Auch hier sind die Risiken für eine neu diagnostizierte Depression bei Fluglärmbelastung deutlich höher als für Straßen- und Schienenverkehrslärm. Das Risiko für eine neu diagnostizierte Depression steigt für Fluglärm um etwa 10% pro 10 dB, für Schienenverkehrslärm um 4-5% pro 10 dB und für Straßenverkehrslärm um 2-3% pro 10 dB Pegelanstieg.

Tabelle 40: Inzidenzraten-Ratios (IRR) für den Zusammenhang zwischen Verkehrslärm und einer neu diagnostizierten Angststörung, nur Personen mit bekanntem sozioökonomischem Status

	Straßenverkehrslärm				Schienenverkehrslärm				Fluglärm			
	Gesamt	Erkrankt	IRR	95%KI	Gesamt	Erkrankt	IRR	95%KI	Gesamt	Erkrankt	IRR	95%KI
24 Stunden-Dauerschallpegel												
<40dB, Max. <50dB	30.346	745	1,00	-	156.377	4.168	1,00	-	112.667	2.836	1,00	-
<40dB, Max. ≥50dB									18.619	493	1,09	0,99 - 1,20
≥40 – <45 dB	61.318	1.644	1,07	0,98 - 1,16	36.552	1.114	1,09	1,02 - 1,16	88.050	2.740	1,16	1,09 - 1,22
≥45 – <50 dB	69.596	2.030	1,11	1,02 - 1,21	45.628	1.369	1,08	1,01 - 1,15	46.967	1.439	1,16	1,09 - 1,25
≥50 – <55 dB	52.304	1.563	1,13	1,03 - 1,23	31.828	1.007	1,18	1,10 - 1,26	18.885	559	1,22	1,11 - 1,34
≥55 – <60 dB	31.803	894	1,07	0,97 - 1,18	12.369	339	1,04	0,93 - 1,16	5.585	155	1,22	1,03 - 1,44
≥60 – <65 dB	24.319	720	1,15	1,03 - 1,27	4.700	136	1,09	0,92 - 1,30	78	2	-	-
≥65 – <70 dB	16.496	484	1,12	1,00 - 1,26	2.136	54	0,97	0,74 - 1,27	-	-	-	-
≥70 dB	4.669	144	1,13	0,95 - 1,35	1.261	37	1,17	0,85 - 1,62	-	-	-	-
Kontinuierlich (Pro 10 dB)			1,029	1,005 - 1,055			1,050	1,023 - 1,078			1,103	1,059 - 1,149
L_{DN}												
<40dB, Max. <50dB	21.651	526	1,00	1,00 - 1,00	153.217	4.079	1,00	1,00 - 1,00	81.493	1.990	1,00	1,00 - 1,00
<40dB, Max. ≥50dB									96	1	-	-
≥40 – <45 dB	46.726	1.225	1,06	0,96 - 1,18	9.214	259	1,06	0,94 - 1,20	82.230	2.463	1,17	1,10 - 1,25
≥45 – <50 dB	62.161	1.774	1,12	1,01 - 1,23	21.249	661	1,13	1,04 - 1,23	75.204	2.278	1,15	1,08 - 1,23
≥50 – <55 dB	60.882	1.812	1,13	1,03 - 1,25	43.829	1.328	1,08	1,01 - 1,15	34.508	1.013	1,20	1,11 - 1,30
≥55 – <60 dB	40.409	1.163	1,10	0,99 - 1,22	36.400	1.164	1,17	1,10 - 1,25	14.434	399	1,20	1,07 - 1,35
≥60 – <65 dB	28.368	810	1,11	0,99 - 1,24	16.808	451	1,02	0,92 - 1,12	2.886	80	1,36	1,08 - 1,71
≥65 – <70 dB	21.379	644	1,17	1,04 - 1,31	5.799	163	1,07	0,91 - 1,25	-	-	-	-
≥70 dB	9.275	270	1,10	0,95 - 1,28	4.335	119	1,06	0,88 - 1,27	-	-	-	-
Kontinuierlich (Pro 10 dB)			1,028	1,004 - 1,052			1,038	1,018 - 1,059			1,102	1,062 - 1,143
L_{Night}												

	Straßenverkehrslärm				Schienenverkehrslärm				Fluglärm			
	Gesamt	Erkrankt	IRR	95%KI	Gesamt	Erkrankt	IRR	95%KI	Gesamt	Erkrankt	IRR	95%KI
<40dB, Max. <50 dB	116.234	3.103	1,00	-	155.470	4.139	1,00	1,00 - 1,00	130.972	3.481	1,00	1,00 - 1,00
<40dB, Max. ≥50dB									78.162	2.418	1,10	1,05 - 1,17
≥40 – <45 dB	59.614	1.763	1,06	1,00 - 1,12	36.079	1.105	1,08	1,01 - 1,16	48.883	1.391	1,06	1,00 - 1,13
≥45 – <50 dB	46.033	1.338	1,03	0,96 - 1,10	44.210	1.383	1,10	1,03 - 1,17	23.672	698	1,17	1,08 - 1,28
≥50 – <55 dB	33.527	975	1,05	0,97 - 1,13	32.141	963	1,10	1,02 - 1,18	8.699	226	1,06	0,92 - 1,22
≥55 – <60 dB	23.785	717	1,09	1,00 - 1,18	14.176	388	1,03	0,93 - 1,15	463	10	1,11	0,59 - 2,06
≥60 dB	11.658	328	1,00	0,89 - 1,12	8775	246	1,07	0,94 - 1,21	-	-	-	-
Kontinuierlich (Pro 10 dB)			1,020	0,995 - 1,047			1,039	1,013 - 1,067			1,052	1,001 - 1,105

Adjustierung für Alter, Geschlecht, Bildung (GKV), Berufsgruppe (GKV), SGBII Quote, Urbanität

3.1.3.4.2 Ambulante und stationäre Diagnosestellung

Bei Betrachtung der im Untersuchungszeitraum ausschließlich ambulant diagnostizierten Fälle von Angststörung (Tabelle 41) ergibt sich ein ähnliches Bild wie für die Gesamtgruppe. Die Risikoschätzer liegen bei Einschränkung auf die ambulanten Diagnosen in vergleichbarer Größenordnung wie bei Betrachtung der Gesamtgruppe.

Bei Einschränkung auf die (im Untersuchungszeitraum) mindestens einmal stationär diagnostizierten bzw. behandelten Angststörungen (Tabelle 42) findet sich bei teilweise sehr geringen Fallzahlen kein positiver Zusammenhang mit Straßen-, Schienenverkehrslärm oder Fluglärm; für den Fluglärm findet sich bei Betrachtung des L_{DEN} sowie der Mittelungspegel für den L_{Night} im linearen Ansatz ein statistisch signifikanter negativer Zusammenhang mit einer stationär diagnostizierten Angststörung.

Berücksichtigung des individuellen sozioökonomischen Status

Wenn bei Betrachtung der ambulanten Diagnosen nur Personen mit bekanntem sozioökonomischem Status in die Analyse eingeschlossen werden, so ergeben sich ähnliche Verläufe (Tabelle 43).

Werden bei der Analyse der stationär diagnostizierten Angststörungen nur Personen mit individuellem sozioökonomischem Status eingeschlossen (Tabelle 44), so verliert der negative Zusammenhang zwischen Fluglärm-bezogenem L_{DEN} und einer stationär diagnostizierten Angststörung seine statistische Signifikanz. Für den nächtlichen Fluglärm zeigt sich im linearen Ansatz weiterhin ein statistisch signifikanter negativer Zusammenhang mit dem Fluglärm (IRR=0,639; 95% KI 0,461-0,885 pro 10 dB Pegelanstieg); dabei zeigt sich allerdings im kategorisierten Ansatz bei mindestens sechs Maximalpegeln von 50dB oder mehr (NAT-6) ein statistisch nicht signifikanter Risikoanstieg um 23% (IRR=1,23; 95% KI 0,91-1,67).

Tabelle 41: Inzidenzraten-Ratios (IRR) für den Zusammenhang zwischen Verkehrslärm und einer ausschließlich ambulant diagnostizierten Angststörung

	Straßenverkehrslärm				Schienenverkehrslärm				Fluglärm			
	Gesamt	Ambulant behandelt	IRR	95%KI	Gesamt	Ambulant behandelt	IRR	95%KI	Gesamt	Ambulant behandelt	IRR	95%KI
24 Stunden-Dauerschallpegel												
<40dB, Max. <50dB	85.976	1.939	1,00	-	433.201	10.200	1,00	1,00 - 1,00	319.904	7.059	1,00	-
<40dB, Max. ≥50dB									51.414	1.223	1,11	1,04 - 1,18
≥40 – <45 dB	172.095	4.061	1,02	0,97 - 1,08	100.198	2.752	1,11	1,06 - 1,16	239.489	6.692	1,19	1,15 - 1,23
≥45 – <50 dB	193.260	4.938	1,06	1,01 - 1,12	127.205	3.519	1,12	1,08 - 1,17	128.722	3.611	1,21	1,16 - 1,26
≥50 – <55 dB	142.599	3.812	1,09	1,03 - 1,15	87.890	2.422	1,15	1,10 - 1,20	50.715	1.337	1,20	1,13 - 1,27
≥55 – <60 dB	88.124	2.237	1,05	0,99 - 1,11	34.819	860	1,05	0,98 - 1,12	15.249	403	1,21	1,09 - 1,35
≥60 – <65 dB	66.031	1.797	1,12	1,05 - 1,19	13.279	348	1,11	1,00 - 1,24	195	4	1,32	0,50 - 3,50
≥65 – <70 dB	44.923	1.179	1,07	0,99 - 1,15	5.746	139	1,02	0,86 - 1,21	-	-	-	-
≥70 dB	12.680	366	1,13	1,01 - 1,27	3.350	89	1,16	0,94 - 1,43	-	-	-	-
Kontinuierlich (Pro 10 dB)			1,030	1,014 - 1,046			1,055	1,038 - 1,073			1,115	1,086 - 1,144
L_{DN}												
<40dB, Max. <50dB	61.456	1.348	1,00	-	424.325	9.955	1,00	-	233.604	4.938	1,00	-
<40dB, Max. ≥50dB									293	6	0,87	0,39 - 1,93
≥40 – <45 dB	131.857	3.049	1,04	0,98 - 1,11	25.132	693	1,15	1,07 - 1,25	225.564	5.997	1,19	1,15 - 1,24
≥45 – <50 dB	172.754	4.360	1,09	1,03 - 1,16	58.058	1.574	1,11	1,05 - 1,17	205.433	5.667	1,22	1,17 - 1,27
≥50 – <55 dB	166.827	4.385	1,11	1,04 - 1,18	121.517	3.410	1,13	1,08 - 1,17	94.674	2.538	1,23	1,17 - 1,30
≥55 – <60 dB	111.513	2.876	1,09	1,02 - 1,17	101.317	2.849	1,17	1,12 - 1,22	38.209	984	1,25	1,16 - 1,34
≥60 – <65 dB	77.819	2052	1,12	1,04 - 1,20	47.319	1.134	1,03	0,96 - 1,09	7.911	199	1,29	1,11 - 1,49
≥65 – <70 dB	58.260	1596	1,15	1,07 - 1,24	15.925	416	1,11	1,00 - 1,22	-	-	-	-
≥70 dB	25.202	663	1,08	0,99 - 1,19	12.095	298	1,06	0,94 - 1,19	-	-	-	-
Kontinuierlich (Pro 10 dB)			1,029	1,014 - 1,044			1,043	1,030 - 1,056			1,124	1,099 - 1,151
L_{Night}												

	Straßenverkehrslärm				Schienenverkehrslärm				Fluglärm			
	Gesamt	Ambulant behandelt	IRR	95%KI	Gesamt	Ambulant behandelt	IRR	95%KI	Gesamt	Ambulant behandelt	IRR	95%KI
<40dB, Max. <50 dB	327.032	7.739	1,00	-	429.878	10.164	1,00	-	369.305	8.534	1,00	-
<40dB, Max. ≥50dB									213.409	5.896	1,14	1,10 - 1,18
≥40 – <45 dB	163.412	4.251	1,05	1,01 - 1,09	99.220	2.661	1,07	1,03 - 1,12	134.986	3.653	1,16	1,12 - 1,21
≥45 – <50 dB	126.829	3.313	1,04	1,00 - 1,08	122.519	3.516	1,14	1,10 - 1,19	2.336	1.649	1,15	1,08 - 1,21
≥50 – <55 dB	92.030	2.397	1,05	1,00 - 1,09	90.227	2.414	1,11	1,06 - 1,16	23.855	576	1,07	0,98 - 1,17
≥55 – <60 dB	64.547	1.818	1,12	1,06 - 1,18	39.457	945	1,01	0,95 - 1,08	1.110	21	1,08	0,70 - 1,67
≥60 dB	31.838	811	1,00	0,93 - 1,08	24.387	629	1,09	1,01 - 1,18	-	-	-	-
Kontinuierlich (Pro 10 dB)			1,025	1,009 - 1,042			1,043	1,026 - 1,060			1,068	1,035 - 1,102

Adjustierung für Alter, Geschlecht, Bildung (GKV), Berufsgruppe (GKV), SGBII Quote, Urbanität

Tabelle 42: Inzidenzraten-Ratios (IRR) für den Zusammenhang zwischen Verkehrslärm und einer mindestens einmal stationär diagnostizierten Angststörung

	Straßenverkehrslärm				Schienenverkehrslärm				Fluglärm			
	Gesamt	Stationär behandelt	IRR	95%KI	Gesamt	Stationär behandelt	IRR	95%KI	Gesamt	Stationär behandelt	IRR	95%KI
24 Stunden-Dauerschallpegel												
<40dB, Max. <50dB	85.976	89	1,00	-	433.201	410	1,00	1,00 - 1,00	319.904	320	1,00	-
<40dB, Max. ≥50dB									51.414	42	0,89	0,65 - 1,24
≥40 – <45 dB	172.095	156	0,87	0,67 - 1,13	100.198	66	0,70	0,54 - 0,91	239.489	207	0,88	0,73 - 1,07
≥45 – <50 dB	193.260	174	0,87	0,67 - 1,13	127.205	121	1,01	0,82 - 1,24	128.722	111	0,88	0,69 - 1,12
≥50 – <55 dB	142.599	128	0,87	0,66 - 1,15	87.890	82	1,01	0,79 - 1,29	50.715	40	0,81	0,57 - 1,16
≥55 – <60 dB	88.124	80	0,88	0,65 - 1,20	34.819	36	1,12	0,79 - 1,58	15.249	8	0,52	0,25 - 1,08
≥60 – <65 dB	66.031	56	0,82	0,58 - 1,15	13.279	4	0,33	0,12 - 0,87	195	0	-	-
≥65 – <70 dB	44.923	37	0,79	0,53 - 1,17	5.746	8	1,48	0,73 - 3,01	-	-	-	-
≥70 dB	12.680	8	0,60	0,29 - 1,25	3.350	1	0,31	0,04 - 2,20	-	-	-	-
Kontinuierlich (Pro 10 dB)			0,949	0,871 - 1,034			0,982	0,893 - 1,080			0,873	0,754 - 1,010
L_{DN}												
<40dB, Max. <50dB	61.456	68	1,00	-	424.325	405	1,00	-	233.604	237	1,00	-
<40dB, Max. ≥50dB	131.857	119	0,81	0,60 - 1,09	25.132	20	0,83	0,53 - 1,31	293		0,00	0,00 - 0,00
≥40 – <45 dB									225.564	202	0,89	0,73 - 1,09
≥45 – <50 dB	172.754	145	0,76	0,57 - 1,01	58.058	31	0,57	0,39 - 0,82	205.433	190	0,94	0,76 - 1,17
≥50 – <55 dB	166.827	159	0,86	0,65 - 1,15	121.517	114	0,99	0,80 - 1,22	94.674	62	0,66	0,49 - 0,89
≥55 – <60 dB	111.513	106	0,86	0,63 - 1,18	101.317	94	0,99	0,79 - 1,25	38.209	33	0,86	0,57 - 1,29
≥60 – <65 dB	77.819	60	0,70	0,49 - 0,99	47.319	44	1,00	0,73 - 1,38	7.911	4	0,50	0,18 - 1,40
≥65 – <70 dB	58.260	53	0,81	0,56 - 1,17	15.925	9	0,60	0,31 - 1,16	-	-	-	-
≥70 dB	25.202	18	0,64	0,38 - 1,08	12.095	11	0,96	0,52 - 1,75	-	-	-	-
Kontinuierlich (Pro 10 dB)			0,951	0,875 - 1,033			0,972	0,905 - 1,044			0,869	0,764 - 0,987
L_{Night}												

	Straßenverkehrslärm				Schienenverkehrslärm				Fluglärm			
	Gesamt	Stationär behandelt	IRR	95%KI	Gesamt	Stationär behandelt	IRR	95%KI	Gesamt	Stationär behandelt	IRR	95%KI
<40dB, Max. <50 dB	327.032	301	1,00	-	429.878	399	1,00	-	369.305	369	1,00	-
<40dB, Max. ≥50dB									213.409	186	0,90	0,75 - 1,09
≥40 – <45 dB	163.412	148	0,99	0,81 - 1,21	99.220	76	0,83	0,65 - 1,07	134.986	108	0,85	0,68 - 1,06
≥45 – <50 dB	126.829	123	1,06	0,86 - 1,31	122.519	116	1,03	0,83 - 1,27	2.336	51	0,83	0,61 - 1,14
≥50 – <55 dB	92.030	71	0,85	0,65 - 1,10	90.227	81	0,99	0,78 - 1,27	23.855	14	0,60	0,34 - 1,05
≥55 – <60 dB	64.547	63	1,06	0,81 - 1,40	39.457	37	1,04	0,73 - 1,47	1.110	-	-	-
≥60 dB	31.838	22	0,75	0,48 - 1,16	24.387	19	0,85	0,53 - 1,35	0	-	-	-
Kontinuierlich (Pro 10 dB)			0,970	0,888 - 1,060			0,987	0,900 - 1,083			0,825	0,688 - 0,988

Adjustierung für Alter, Geschlecht, Bildung (GKV), Berufsgruppe (GKV), SGBII Quote, Urbanität

Tabelle 43: Inzidenzraten-Ratios (IRR) für den Zusammenhang zwischen Verkehrslärm und einer ausschließlich ambulant diagnostizierten Angststörung, nur Personen mit bekanntem Sozialstatus

	Straßenverkehrslärm				Schienenverkehrslärm				Fluglärm			
	Gesamt	Ambulant behandelt	IRR	95%KI	Gesamt	Ambulant behandelt	IRR	95%KI	Gesamt	Ambulant behandelt	IRR	95%KI
24 Stunden-Dauerschallpegel												
<40dB, Max. <50dB	30.346	719	1,00	-	156.377	4.029	1,00	-	112.667	2.741	1,00	-
<40dB, Max. ≥50dB									18.619	472	1,07	0,97 - 1,18
≥40 – <45 dB	61.318	1.585	1,06	0,97 - 1,16	36.552	1.087	1,10	1,02 - 1,17	88.050	2.657	1,15	1,09 - 1,22
≥45 – <50 dB	69.596	1.970	1,12	1,02 - 1,22	45.628	1.330	1,08	1,01 - 1,15	46.967	1.408	1,17	1,09 - 1,26
≥50 – <55 dB	52.304	1.521	1,13	1,03 - 1,24	31.828	984	1,19	1,11 - 1,27	18.885	548	1,23	1,12 - 1,36
≥55 – <60 dB	31.803	867	1,08	0,97 - 1,19	12.369	327	1,03	0,92 - 1,16	5.585	153	1,25	1,05 - 1,48
≥60 – <65 dB	24.319	702	1,16	1,04 - 1,28	4.700	135	1,12	0,94 - 1,33	78	2	-	-
≥65 – <70 dB	16.496	475	1,14	1,01 - 1,28	2.136	52	0,97	0,74 - 1,27	-	-	-	-
≥70 dB	4.669	142	1,15	0,96 - 1,38	1.261	37	1,21	0,88 - 1,68	-	-	-	-
Kontinuierlich (Pro 10 dB)			1,034	1,008 - 1,059			1,053	1,025 - 1,082			1,111	1,066 - 1,159
L_{DN}												
<40dB, Max. <50dB	21.651	506	1,00	1,00 - 1,00	153.217	3.944	1,00	1,00 - 1,00	81.493	1.914	1,00	1,00 - 1,00
<40dB, Max. ≥50dB									96	1	-	-
≥40 – <45 dB	46.726	1.183	1,07	0,96 - 1,18	9.214	249	1,06	0,93 - 1,20	82.230	2.396	1,18	1,11 - 1,26
≥45 – <50 dB	62.161	1.717	1,12	1,01 - 1,24	21.249	648	1,15	1,05 - 1,25	75.204	2.203	1,15	1,08 - 1,23
≥50 – <55 dB	60.882	1.763	1,14	1,03 - 1,26	43.829	1.290	1,08	1,01 - 1,15	34.508	997	1,22	1,13 - 1,33
≥55 – <60 dB	40.409	1.127	1,11	1,00 - 1,23	36.400	1.136	1,18	1,11 - 1,26	14.434	390	1,22	1,09 - 1,37
≥60 – <65 dB	28.368	788	1,12	1,00 - 1,25	16.808	439	1,02	0,93 - 1,13	2.886	80	1,41	1,12 - 1,78
≥65 – <70 dB	21.379	630	1,18	1,05 - 1,33	5.799	158	1,07	0,91 - 1,26	-	-	-	-
≥70 dB	9.275	267	1,13	0,97 - 1,31	4.335	117	1,07	0,89 - 1,29	-	-	-	-
Kontinuierlich (Pro 10 dB)			1,032	1,007 - 1,057			1,041	1,020 - 1,062			1,111	1,070 - 1,153
L_{Night}												

	Straßenverkehrslärm				Schienenverkehrslärm				Fluglärm			
	Gesamt	Ambulant behandelt	IRR	95%KI	Gesamt	Ambulant behandelt	IRR	95%KI	Gesamt	Ambulant behandelt	IRR	95%KI
<40dB, Max. <50 dB	116.234	2.998	1,00	-	155.470	4.004	1,00	-	130.972	3.364	1,00	1,00 - 1,00
<40dB, Max. ≥50dB									78.162	2.338	1,10	1,04 - 1,16
≥40 – <45 dB	59.614	1.711	1,06	1,00 - 1,13	36.079	1.077	1,09	1,02 - 1,16	48.883	1.364	1,07	1,01 - 1,15
≥45 – <50 dB	46.033	1.297	1,03	0,97 - 1,10	44.210	1.345	1,10	1,03 - 1,18	23.672	682	1,18	1,08 - 1,29
≥50 – <55 dB	33.527	951	1,06	0,98 - 1,14	32.141	939	1,10	1,03 - 1,19	8.699	223	1,09	0,94 - 1,25
≥55 – <60 dB	23.785	700	1,10	1,01 - 1,19	14.176	376	1,03	0,93 - 1,15	463	10	1,14	0,61 - 2,13
≥60 dB	11.658	324	1,02	0,91 - 1,15	8775	240	1,07	0,94 - 1,22	-	-	-	-

Adjustierung für Alter, Geschlecht, Bildung (GKV), Berufsgruppe (GKV), SGBII Quote, Urbanität

Tabelle 44: Inzidenzraten-Ratios (IRR) für den Zusammenhang zwischen Verkehrslärm und einer mindestens einmal stationär diagnostizierten Angststörung, nur Personen mit bekanntem Sozialstatus

	Straßenverkehrslärm				Schienenverkehrslärm				Fluglärm			
	Gesamt	Stationär behandelt	IRR	95%KI	Gesamt	Stationär behandelt	IRR	95%KI	Gesamt	Stationär behandelt	IRR	95%KI
24 Stunden-Dauerschallpegel												
<40dB, Max. <50dB	30.346	26	1,00	-	156.377	139	1,00	-	112.667	95	1,00	-
<40dB, Max. ≥50dB									18.619	21	1,59	0,99 - 2,56
≥40 – <45 dB	61.318	59	1,15	0,72 - 1,82	36.552	27	0,85	0,56 - 1,29	88.050	83	1,19	0,86 - 1,65
≥45 – <50 dB	69.596	60	1,03	0,65 - 1,64	45.628	39	0,98	0,69 - 1,39	46.967	31	0,85	0,56 - 1,30
≥50 – <55 dB	52.304	42	0,98	0,60 - 1,61	31.828	23	0,86	0,55 - 1,35	18.885	11	0,77	0,41 - 1,46
≥55 – <60 dB	31.803	27	1,03	0,60 - 1,78	12.369	12	1,14	0,64 - 2,06	5.585	2	-	-
≥60 – <65 dB	24.319	18	0,90	0,49 - 1,64	4.700	1	-	-	78	0	-	-
≥65 – <70 dB	16.496	9	0,65	0,30 - 1,41	2.136	2	-	-	-	-	-	-
≥70 dB	4.669	2	-	-	1.261	0	-	-	-	-	-	-
Kontinuierlich (Pro 10 dB)			0,896	0,777 - 1,033			0,949	0,811 - 1,109			0,837	0,667 - 1,050
L_{DN}												
<40dB, Max. <50dB	21.651	20	1,00	-	153.217	135	1,00	-	81.493	76	1,00	-
<40dB, Max. ≥50dB									96	0	-	-
≥40 – <45 dB	46.726	42	0,98	0,58 - 1,67	9.214	10	1,26	0,66 - 2,39	82.230	67	0,88	0,62 - 1,25
≥45 – <50 dB	62.161	57	1,02	0,61 - 1,71	21.249	13	0,71	0,40 - 1,26	75.204	75	1,14	0,80 - 1,62
≥50 – <55 dB	60.882	49	0,89	0,53 - 1,51	43.829	38	1,01	0,71 - 1,43	34.508	16	0,54	0,30 - 0,96
≥55 – <60 dB	40.409	36	1,01	0,58 - 1,75	36.400	28	0,91	0,60 - 1,38	14.434	9	0,70	0,35 - 1,40
≥60 – <65 dB	28.368	22	0,88	0,48 - 1,61	16.808	12	0,86	0,47 - 1,57	2.886	0	-	-
≥65 – <70 dB	21.379	14	0,72	0,36 - 1,45	5.799	5	1,02	0,42 - 2,47	-	-	-	-
≥70 dB	9.275	3	0,36	0,10 - 1,23	4.335	2	-	-	-	-	-	-
Kontinuierlich (Pro 10 dB)			0,897	0,782 - 1,029			0,947	0,813 - 1,104			0,842	0,685 - 1,034
L_{Night}												

	Straßenverkehrslärm				Schienenverkehrslärm				Fluglärm			
	Gesamt	Stationär behandelt	IRR	95%KI	Gesamt	Stationär behandelt	IRR	95%KI	Gesamt	Stationär behandelt	IRR	95%KI
<40dB, Max. <50 dB	116.234	105	1,00	-	155.470	135	1,00	1,00 - 1,00	130.972	117	1,00	-
<40dB, Max. ≥50dB									78.162	80	1,23	0,91 - 1,67
≥40 – <45 dB	59.614	52	0,98	0,70 - 1,37	36.079	28	0,91	0,61 - 1,37	48.883	27	0,71	0,46 - 1,08
≥45 – <50 dB	46.033	41	1,00	0,70 - 1,44	44.210	38	1,03	0,72 - 1,46	23.672	16	0,87	0,50 - 1,50
≥50 – <55 dB	33.527	24	0,82	0,52 - 1,28	32.141	24	0,91	0,59 - 1,41	8.699	3	0,41	0,13 - 1,27
≥55 – <60 dB	23.785	17	0,80	0,48 - 1,35	14.176	12	1,04	0,57 - 1,89	463	0	-	-
≥60 dB	11.658	4	0,38	0,14 - 1,06	8775	6	0,83	0,37 - 1,88	-			
Kontinuierlich (Pro 10 dB)			0,877	0,752 - 1,023			0,947	0,813 - 1,104			0,639	0,461 - 0,885

Adjustierung für Alter, Geschlecht, Bildung (GKV), Berufsgruppe (GKV), SGBII Quote, Urbanität

3.1.3.4.3 Stratifizierung nach Geschlecht

Frauen waren häufiger von Angststörungen betroffen als Männer (keine tabellarische Darstellung). Von 444.025 Frauen war bei 14.989 (3,4%) Frauen eine entsprechende Diagnose für eine Angststörung zu finden. Lediglich 6.068 von 361.663 Männern (1,7%) erhielten im Untersuchungszeitraum die Diagnose einer Angststörung (keine tabellarische Darstellung).

Für Straßen- und Schienenverkehrslärm finden sich keine substantiellen Unterschiede zwischen Männern und Frauen, tendenziell liegen die lärmbezogenen Risiken bei Männern etwas höher. Das Risiko für eine Angststörung liegt bei 2% pro 10 dB Pegelanstieg Straßenverkehrslärm und 3-5% pro 10 dB Pegelanstieg Schienenverkehrslärm für Frauen. Für Männer ergeben sich Risiken von 4% pro 10 dB Straßenverkehrslärm und 5-7% pro 10 dB Pegelanstieg Schienenverkehrslärm. Bei der Fluglärmexposition in der Nacht (L_{Night}) deuten sich demgegenüber höhere Risiken für Frauen an. Hier liegt das Risiko bei 8% pro 10 dB bei Frauen und bei 2% pro 10 dB Pegelanstieg bei Männern. Für den 24 Stunden-Dauerschallpegel und den L_{DN} ist das Risiko mit 11-12% pro 10 dB für Frauen und 10% pro 10 dB Pegelanstieg für Männer zwischen Frauen und Männern vergleichbar.

Die zusätzliche Untergliederung in ambulante und stationäre Diagnosen ergibt ein ähnliches Bild. Die Analysen unterscheiden sich nicht substantiell von den Ergebnissen der Gesamtauswertung.

3.1.3.4.4 Stratifizierung nach Alter

Für die altersstratifizierte Analyse wurden nur Personen mit bekanntem individuellem Sozialstatus betrachtet. Von insgesamt 226.473 Personen unter 60 Jahren wiesen 6.706 (3,0%) die neue Diagnose einer Angststörung auf. Bei älteren Versicherten über 60 Jahre waren es 1.518 von 62.860 (2,4%, keine tabellarische Darstellung).

Im Ergebnis finden sich bei Stratifizierung nach Altersgruppe keine substantiellen Unterschiede in den Risikoschätzern. Für Versicherte unter 60 Jahren liegt das Risiko für eine Diagnose einer Angststörung bei 2-3% pro 10 dB Straßenverkehrslärm, 4-5% pro 10 dB Schienenverkehrslärm und 10% pro 10 dB Pegelanstieg für den Fluglärm (bzw. 6% pro 10 dB für die Fluglärmexposition in der Nacht). Für ältere Versicherte ergibt sich folgendes Bild: 2% pro 10 dB Anstieg des Dauerschallpegels für Straßenverkehrslärm, 3-5% pro 10 dB Schienenverkehrslärm und 11-12% pro 10 dB für Fluglärm bzw. 3% pro 10 dB Pegelanstieg für Fluglärm in der Nacht zwischen 22-06 Uhr.

Die zusätzliche Untergliederung in ambulante und stationäre Diagnosen führt zu ähnlichen Ergebnissen (keine tabellarische Darstellung). Die Risikoanstiege pro 10 dB Pegelanstieg sind vergleichbar mit denen der Gesamtauswertung.

3.1.3.5 Inzidenzraten-Ratios (IRR) für eine neu diagnostizierte Demenzerkrankung

Etwa 89% der in die Analyse der Demenzerkrankungen einbezogenen Versicherten war gegenüber einem Straßenverkehrslärmpegel (24 Stunden-Dauerschallpegel) von mindestens 40 dB exponiert. Knapp ein Drittel der in die Analyse der Demenzrisiken einbezogenen Versicherten war schienenverkehrslärmexponiert (32,4%). Etwa die Hälfte der in die Analyse der Depressionsrisiken einbezogenen Versicherten war einem entsprechenden Fluglärmpegel ausgesetzt (50,4%). Bei 74.739 Versicherten (11,4%) wurde im Untersuchungszeitraum eine Demenzerkrankung diagnostiziert. Davon entfielen 11.094 (14,8%) auf eine Demenz vom Alzheimer-Typ

und 18.601 (24,9%) auf eine vaskuläre Demenz. Der Großteil der Demenzdiagnosen entfiel auf eine nicht näher bezeichnete Demenz (60,3%; ICD-10 F03).

Bei Betrachtung der vorgenannten Demenzerkrankungen insgesamt findet sich ein Zusammenhang zwischen einer Demenzdiagnose und der Exposition gegenüber Schienenverkehrslärm und Fluglärm (Tabelle 45) mit Risikosteigerungen etwa um die 2% pro 10 dB Pegelanstieg. Trotz einiger statistisch signifikanter Risikoerhöhungen in der kategorisierten Analyse lässt sich insgesamt kein positiver Zusammenhang einer Demenzdiagnose mit dem Straßenverkehrslärm aufzeigen.

Im linearen Ansatz findet sich für alle untersuchten Lärmmaße ein statistisch signifikant negativer Zusammenhang des Demenz-Erkrankungsrisikos mit dem Straßenverkehrslärm (IRR für den 24 Stunden-Dauerschallpegel=0,990; 95% Konfidenzintervall KI 0,982-0,998). Statistisch signifikante Risikoerhöhungen für Straßenverkehrslärm lassen sich finden bei Pegeln unterhalb von 60 dB aufzeigen.

Beim Schienenverkehrslärm ergibt der lineare Ansatz einen Anstieg des Demenzrisikos um 2,3% pro 10 dB Anstieg des 24 Stunden-Dauerschallpegel (IRR=1,023; 95% KI 1,014-1,032). Der entsprechende Risikoanstieg liegt beim L_{DN} in vergleichbarer Höhe (bei 1,7%). In der kategorisierten Auswertung zeigt sich für den L_{DEN} wie auch für den nächtlichen Mittelungspegel (nicht aber für den 24 Stunden-Dauerschallpegel) ein weitgehend monotoner Verlauf. Der höchste Risikoanstieg findet sich mit einem Risikoschätzer (IRR) von 1,18 (95% KI 1,12-1,24) bei einem 24 Stunden-Dauerschallpegel von 60 bis <65 dB, bei höheren Lärmpegeln sinken die Risikoschätzer wieder. Für die Zeit von 22 bis 6 Uhr findet sich im linearen Ansatz ein Risikoanstieg von 2,3% pro 10 dB Pegelanstieg.

Für den Fluglärm findet sich im linearen Ansatz ebenfalls ein Risikoanstieg um 2,3% pro 10 dB Anstieg des 24 Stunden-Dauerschallpegel (IRR=1,023; 95% KI 1,009-1,037). Auf der Grundlage des L_{DN} findet sich ein etwas höherer Risikoanstieg (3,5% pro 10 dB). Allerdings zeigt sich in der kategorisierten Auswertung ein Risikoverlauf in Form einer umgekehrten U-Kurve: Die Risikoschätzer steigen auf 1,09 (24h-Dauerschallpegel) bzw. 1,11 (L_{DN}) bei Lärmpegeln von 45 – <50 dB an, um bei höheren Lärmpegeln wieder zu sinken. Bei Betrachtung der Mittelungspegel für die Zeit von 22 bis 6 Uhr findet sich im linearen Ansatz keine Risikoerhöhung. Personen mit nächtlichen Maximalpegeln von über 50 dB bei nächtlichen Mittelungspegeln von insgesamt unter 40 dB weisen in der kategorisierten Analyse um 5% erhöhte Depressionsrisiken auf (IRR=1,05; 95% KI 1,04-1,07).

Bei ausschließlicher Betrachtung der Alzheimer-Demenz in der Subentitätenanalyse zeigen sich generell nur schwache Zusammenhänge mit Verkehrslärmexposition mit einem Risikoanstieg von maximal etwa 1% pro 10 dB Anstieg des Verkehrslärmpegels (Tabelle 46). Für den Straßenverkehrslärm erreicht diese Risikoerhöhung teilweise grenzwertige statistische Signifikanz. Die kategorisierte Auswertung ergibt das höchste Alzheimer-Risiko (HR=1,07) bei einem Straßenverkehrslärm-bezogenen 24 Stunden-Dauerschallpegel von 70 dB und mehr sowie bei einem Schienenverkehrslärmpegel von 65 bis <70 dB (HR=1,12; grenzwertig statistisch signifikant). Das höchste Fluglärm-bezogene Alzheimer-Risiko wird bei einem nächtlichen Mittelungspegel von 60 dB oder mehr erreicht (HR=1,16; statistisch nicht signifikant).

Bei ausschließlicher Betrachtung einer vaskulären Demenz zeigen sich schwache Risikoerhöhungen von maximal etwa 1% pro 10 dB Anstieg des Verkehrslärmpegels, die mit den entsprechenden Risikoerhöhungen für die Alzheimer-Demenz vergleichbar sind (Tabelle 47). Wesentliche Unterschiede zwischen den einzelnen Verkehrslärmarten sind nicht auszumachen.

Tabelle 45: Inzidenzraten-Ratios (IRR) für den Zusammenhang zwischen Verkehrslärm und einer neu diagnostizierten Demenzerkrankung (Gesamtgruppe)

	Straßenverkehrslärm				Schienenverkehrslärm				Fluglärm			
	Gesamt	Erkrankt	IRR	95%KI	Gesamt	Erkrankt	IRR	95%KI	Gesamt	Erkrankt	IRR	95%KI
24 Stunden-Dauerschallpegel												
<40dB, Max. <50dB	87.205	8.331	1,00	-	442.979	40.893	1,00	-	325.382	30.185	1,00	-
<40dB, Max. ≥50dB									52.550	4.727	1,02	0,99 - 1,06
≥40 – <45 dB	175.516	16.987	1,04	1,02 - 1,07	103.602	9.025	1,01	0,99 - 1,03	247.429	22.878	1,08	1,06 - 1,10
≥45 – <50 dB	198.549	18.387	1,03	1,00 - 1,06	130.980	11.951	1,07	1,05 - 1,09	133.078	11.705	1,09	1,06 - 1,11
≥50 – <55 dB	147.470	12.685	1,01	0,99 - 1,04	91.051	7.688	1,01	0,99 - 1,04	52.672	4.104	0,99	0,96 - 1,03
≥55 – <60 dB	90.507	8.142	1,04	1,01 - 1,07	35.599	3.175	1,06	1,02 - 1,10	15.855	1.127	0,89	0,84 - 0,94
≥60 – <65 dB	68.197	5.491	0,97	0,94 - 1,01	13.539	1.345	1,18	1,12 - 1,24	197	13	1,02	0,59 - 1,77
≥65 – <70 dB	46.470	3.665	0,96	0,93 - 1,00	5.945	409	0,90	0,82 - 0,99				
≥70 dB	13.249	1.051	1,00	0,94 - 1,07	3.468	253	0,99	0,88 - 1,12				
Kontinuierlich (Pro 10 dB)			0,990	0,982 - 0,998			1,023	1,014 - 1,032			1,023	1,009 - 1,037
L_{DN}												
<40dB, Max. <50dB	62.322	5.937	1,00	-	433.785	40.213	1,00	-	237.056	21.601	1,00	1,00 - 1,00
<40dB, Max. ≥50dB									304	15	0,69	0,42 - 1,11
≥40 – <45 dB	134.185	13.191	1,06	1,03 - 1,09	25.921	2.327	1,02	0,98 - 1,06	231.844	21.906	1,10	1,08 - 1,12
≥45 – <50 dB	177.442	16.221	1,02	0,99 - 1,05	59.926	5.272	1,01	0,98 - 1,04	212.252	19.573	1,11	1,09 - 1,14
≥50 – <55 dB	172.015	15.485	1,04	1,01 - 1,07	125.647	10.798	1,02	1,00 - 1,04	97.912	7.901	1,05	1,03 - 1,08
≥55 – <60 dB	114.632	10.166	1,04	1,01 - 1,07	104.618	9.397	1,06	1,04 - 1,09	39.580	3.176	1,02	0,98 - 1,06
≥60 – <65 dB	80.142	6.897	1,03	0,99 - 1,06	48.542	4.255	1,03	1,00 - 1,06	8.215	567	0,94	0,87 - 1,02
≥65 – <70 dB	60.191	4.799	0,98	0,94 - 1,02	16.372	1.440	1,08	1,03 - 1,14	-	-	-	-
≥70 dB	26.234	2.043	0,98	0,93 - 1,03	12.352	1.037	1,03	0,97 - 1,09	-	-	-	-
Kontinuierlich (Pro 10 dB)			0,990	0,982 - 0,998			1,017	1,011 - 1,024			1,035	1,022 - 1,047
L_{Night}												

	Straßenverkehrslärm				Schienenverkehrslärm				Fluglärm			
	Gesamt	Erkrankt	IRR	95%KI	Gesamt	Erkrankt	IRR	95%KI	Gesamt	Erkrankt	IRR	95%KI
<40dB, Max. <50 dB	333.442	32.042	1,00	-	439.697	40.679	1,00	-	376.525	34.682	1,00	-
<40dB, Max. ≥50dB									220.280	20.434	1,05	1,04 - 1,07
≥40 – <45 dB	168.523	15.115	0,99	0,97 - 1,01	102.202	9.047	1,01	0,98 - 1,03	139.130	12.623	1,06	1,04 - 1,08
≥45 – <50 dB	130.619	11.495	0,99	0,97 - 1,01	126.783	10.907	1,03	1,01 - 1,05	65.466	4.930	0,97	0,94 - 1,00
≥50 – <55 dB	94.782	8.222	0,99	0,96 - 1,01	92.975	8.428	1,06	1,04 - 1,08	24.613	1.997	0,97	0,93 - 1,02
≥55 – <60 dB	66.719	5.300	0,94	0,91 - 0,97	40.539	3.477	1,02	0,98 - 1,05	1.149	73	0,97	0,77 - 1,22
≥60 dB	33.078	2.565	0,93	0,90 - 0,97	24.967	2.201	1,08	1,04 - 1,13	-	-	-	-
Kontinuierlich (Pro 10 dB)			0,982	0,974 - 0,991			1,023	1,014 - 1,032			0,983	0,967 - 1,000

Adjustierung für Alter, Geschlecht, Bildung (GKV), Berufsgruppe (GKV), SGBII Quote, Urbanität

Tabelle 46: Inzidenzraten-Ratios (IRR) für den Zusammenhang zwischen Verkehrslärm und einer neu diagnostizierten Alzheimer-Krankheit

	Straßenverkehrslärm				Schienenverkehrslärm				Fluglärm			
	Gesamt	Erkrankt	IRR	95%KI	Gesamt	Erkrankt	IRR	95%KI	Gesamt	Erkrankt	IRR	95%KI
24 Stunden-Dauerschallpegel												
<40dB, Max. <50dB	87.205	1.235	1,00	-	442.979	6.036	1,00	-	325.382	4.373	1,00	-
<40dB, Max. ≥50dB									52.550	722	1,01	0,98 - 1,05
≥40 – <45 dB	175.516	2.500	1,02	0,99 - 1,04	103.602	1.282	0,99	0,96 - 1,01	247.429	3.493	0,99	0,97 - 1,01
≥45 – <50 dB	198.549	2.743	1,03	1,00 - 1,06	130.980	1.869	1,00	0,98 - 1,02	133.078	1.763	1,02	0,99 - 1,04
≥50 – <55 dB	147.470	1.950	1,03	1,00 - 1,06	91.051	1.179	1,01	0,99 - 1,04	52.672	579	1,00	0,96 - 1,04
≥55 – <60 dB	90.507	1.199	1,03	0,99 - 1,06	35.599	453	1,01	0,97 - 1,05	15.855	161	0,98	0,91 - 1,04
≥60 – <65 dB	68.197	803	1,05	1,01 - 1,09	13.539	182	0,99	0,93 - 1,05	197	3	1,01	0,61 - 1,68
≥65 – <70 dB	46.470	512	1,01	0,97 - 1,05	5.945	56	1,12	1,00 - 1,25	-	-	-	-
≥70 dB	13.249	152	1,07	1,00 - 1,15	3.468	37	1,07	0,93 - 1,24	-	-	-	-
Kontinuierlich (Pro 10 dB)			1,009	1,000 - 1,018			1,006	0,996 - 1,016			1,002	0,987 - 1,017
L_{DN}												
<40dB, Max. <50dB	62.322	897	1,00	-	433.785	5.918	1,00	-	237.056	3.046	1,00	-
<40dB, Max. ≥50dB									304	3	0,90	0,63 - 1,28
≥40 – <45 dB	134.185	1.946	1,03	1,00 - 1,06	25.921	340	0,97	0,93 - 1,02	231.844	3.394	1,01	0,99 - 1,03
≥45 – <50 dB	177.442	2.414	1,04	1,00 - 1,07	59.926	747	1,00	0,97 - 1,04	212.252	2.906	0,99	0,97 - 1,02
≥50 – <55 dB	172.015	2.301	1,04	1,01 - 1,07	125.647	1.644	1,00	0,98 - 1,03	97.912	1.211	1,04	1,01 - 1,07
≥55 – <60 dB	114.632	1.554	1,04	1,00 - 1,07	104.618	1.462	0,99	0,97 - 1,02	39.580	458	0,98	0,94 - 1,03
≥60 – <65 dB	80.142	997	1,04	1,00 - 1,08	48.542	647	1,03	1,00 - 1,07	8.215	76	0,99	0,90 - 1,10
≥65 – <70 dB	60.191	708	1,04	1,00 - 1,08	16.372	196	0,97	0,91 - 1,02	-	-	-	-
≥70 dB	26.234	277	1,05	0,99 - 1,11	12.352	140	1,07	0,99 - 1,15	-	-	-	-
Kontinuierlich (Pro 10 dB)			1,009	1,000 - 1,018			1,003	0,996 - 1,010			1,006	0,992 - 1,019
L_{Night}												
<40dB, Max. <50 dB	333.442	4.762	1,00	-	439.697	5.978	1,00	-	376.525	5.125	1,00	-
<40dB, Max. ≥50dB									220.280	3.094	0,99	0,97 - 1,01

	Straßenverkehrslärm				Schienenverkehrslärm				Fluglärm			
	Gesamt	Erkrankt	IRR	95%KI	Gesamt	Erkrankt	IRR	95%KI	Gesamt	Erkrankt	IRR	95%KI
≥40 – <45 dB	168.523	2.233	1,01	0,99 - 1,03	102.202	1.291	1,00	0,98 - 1,03	139.130	1.848	1,02	0,99 - 1,04
≥45 – <50 dB	130.619	1.761	1,00	0,98 - 1,03	126.783	1.701	1,00	0,98 - 1,03	65.466	719	1,02	0,98 - 1,05
≥50 – <55 dB	94.782	1.208	1,02	0,99 - 1,05	92.975	1.301	1,00	0,98 - 1,03	24.613	296	0,98	0,93 - 1,03
≥55 – <60 dB	66.719	777	1,01	0,98 - 1,04	40.539	524	1,03	0,99 - 1,07	1.149	12	1,16	0,86 - 1,56
≥60 dB	33.078	353	1,02	0,98 - 1,07	24.967	299	1,01	0,96 - 1,06	-	-	-	-
Kontinuierlich (Pro 10 dB)			1,006	0,997 - 1,015			1,005	0,996 - 1,015			1,014	0,996 - 1,033

Adjustierung für Alter, Geschlecht, Bildung (GKV), Berufsgruppe (GKV), SGBII Quote, Urbanität

Tabelle 47: Inzidenzraten-Ratios (IRR) für den Zusammenhang zwischen Verkehrslärm und einer neu diagnostizierten vaskulären Demenz

	Straßenverkehrslärm				Schienenverkehrslärm				Fluglärm			
	Gesamt	Erkrankt	IRR	95%KI	Gesamt	Erkrankt	IRR	95%KI	Gesamt	Erkrankt	IRR	95%KI
24 Stunden-Dauerschallpegel												
<40dB, Max. <50dB	87.205	2.055	1,00	-	442.979	10.375	1,00	-	325.382	7.467	1,00	-
<40dB, Max. ≥50dB									52.550	1.024	1,02	1,00 - 1,05
≥40 – <45 dB	175.516	4.104	1,00	0,98 - 1,03	103.602	2.194	1,00	0,99 - 1,02	247.429	5.901	1,00	0,99 - 1,02
≥45 – <50 dB	198.549	4.647	1,02	1,00 - 1,04	130.980	2.895	1,00	0,98 - 1,02	133.078	3.013	1,00	0,99 - 1,02
≥50 – <55 dB	147.470	3.253	1,02	1,00 - 1,05	91.051	1.841	1,01	0,99 - 1,03	52.672	963	1,02	0,99 - 1,05
≥55 – <60 dB	90.507	2.069	1,02	0,99 - 1,04	35.599	806	1,01	0,98 - 1,04	15.855	232	1,01	0,96 - 1,07
≥60 – <65 dB	68.197	1.334	1,02	0,99 - 1,05	13.539	339	1,06	1,01 - 1,11	197	1	-	-
≥65 – <70 dB	46.470	883	1,02	0,99 - 1,05	5.945	89	1,01	0,93 - 1,09	-	-	-	-
≥70 dB	13.249	256	0,98	0,93 - 1,03	3.468	62	1,04	0,94 - 1,15	-	-	-	-
Kontinuierlich (Pro 10 dB)			1,005	0,999 - 1,012			1,006	0,999 - 1,013			1,003	0,991 - 1,014
L_{DN}												
<40dB, Max. <50dB	62.322	1.429	1,00	-	433.785	10.201	1,00	-	237.056	5.286	1,00	1,00 - 1,00
<40dB, Max. ≥50dB									304	1	-	-
≥40 – <45 dB	134.185	3.259	0,99	0,97 - 1,01	25.921	602	0,99	0,96 - 1,02	231.844	5.620	0,99	0,98 - 1,01
≥45 – <50 dB	177.442	4.066	1,01	0,99 - 1,04	59.926	1.287	1,02	0,99 - 1,04	212.252	4.965	1,00	0,98 - 1,02
≥50 – <55 dB	172.015	3.956	1,02	0,99 - 1,04	125.647	2.596	1,00	0,98 - 1,02	97.912	1.927	1,01	0,99 - 1,03
≥55 – <60 dB	114.632	2.512	1,00	0,98 - 1,03	104.618	2.262	1,00	0,98 - 1,02	39.580	685	1,01	0,97 - 1,04
≥60 – <65 dB	80.142	1.709	1,02	0,99 - 1,05	48.542	1.040	1,03	1,00 - 1,06	8.215	117	1,01	0,94 - 1,09
≥65 – <70 dB	60.191	1.178	1,01	0,98 - 1,04	16.372	353	1,03	0,98 - 1,07	-	-	-	-
≥70 dB	26.234	492	1,01	0,97 - 1,05	12.352	260	1,03	0,98 - 1,09	-	-	-	-
Kontinuierlich (Pro 10 dB)			1,005	0,999 - 1,012			1,005	1,000 - 1,011			1,004	0,993 - 1,014
L_{Night}												
<40dB, Max. <50 dB	333.442	7.900	1,00	-	439.697	10.316	1,00	-	376.525	8.748	1,00	-
<40dB, Max. ≥50dB									220.280	5.174	1,01	0,99 - 1,02

	Straßenverkehrslärm				Schienenverkehrslärm				Fluglärm			
	Gesamt	Erkrankt	IRR	95%KI	Gesamt	Erkrankt	IRR	95%KI	Gesamt	Erkrankt	IRR	95%KI
≥40 – <45 dB	168.523	3.852	1,02	1,00 - 1,03	102.202	2.248	0,99	0,98 - 1,01	139.130	3.129	1,02	1,00 - 1,04
≥45 – <50 dB	130.619	2.844	1,01	1,00 - 1,03	126.783	2.592	1,00	0,98 - 1,02	65.466	1.083	1,01	0,98 - 1,03
≥50 – <55 dB	94.782	2.114	1,01	0,99 - 1,03	92.975	2.046	1,00	0,98 - 1,02	24.613	455	1,05	1,00 - 1,09
≥55 – <60 dB	66.719	1.277	1,01	0,99 - 1,03	40.539	850	1,03	1,00 - 1,06	1.149	12	0,83	0,77 - 0,90
≥60 dB	33.078	614	1,01	0,98 - 1,05	24.967	549	1,03	0,99 - 1,07	-	-	-	-
Kontinuierlich (Pro 10 dB)			1,005	0,998 - 1,012			1,007	1,000 - 1,014			1,014	1,000 - 1,029

Adjustierung für Alter, Geschlecht, Bildung (GKV), Berufsgruppe (GKV), SGBII Quote, Urbanität

3.1.3.5.1 Subanalyse von Personen mit bekanntem individuellen Sozialstatus

Werden nur Personen mit bekanntem individuellem Sozialstatus in die Analyse einbezogen (Tabelle 48), so finden sich für Fluglärm höhere Risiken als in der Gesamtauswertung mit allen Versicherten. Das Risiko für eine Demenzdiagnose liegt dann bei 9% pro 10 dB Pegelanstieg für den L_{DN} und bei 5% pro 10 dB Pegelanstieg für den 24 Stunden-Dauerschallpegel. In der kategorisierten Auswertung finden sich die höchsten Risikoschätzer (HR von bis zu 1,25) in niedrigen bis mittleren Pegelkategorien.

Bei Einschränkung auf Personen mit bekanntem individuellem Sozialstatus verliert der negative Zusammenhang zwischen Straßenverkehrslärm und der Diagnose einer Demenzerkrankung eine statistische Signifikanz. Die ohnehin nur schwach positiven Risikoschätzer für den Schienenverkehrslärm schwächen sich bei Einschränkung auf Personen mit bekanntem individuellem Sozialstatus tendenziell noch weiter ab.

Die Einschränkung auf Personen mit bekanntem individuellem Sozialstatus hat keine substantiellen Veränderungen der allenfalls sehr schwach erhöhten Risikoschätzer für die Alzheimer-Demenz (Tabelle 49) und die vaskuläre Demenz (Tabelle 50) zur Folge.

Tabelle 48: Inzidenzraten-Ratios (IRR) für den Zusammenhang zwischen Verkehrslärm und einer neu diagnostizierten Demenzerkrankung, nur Personen mit bekanntem Sozialstatus

	Straßenverkehrslärm				Schienenverkehrslärm				Fluglärm			
	Gesamt	Erkrankt	IRR	95%KI	Gesamt	Erkrankt	IRR	95%KI	Gesamt	Erkrankt	IRR	95%KI
24 Stunden-Dauerschallpegel												
<40dB, Max. <50dB	31.574	1.248	1,00	-	163.645	6.434	1,00	-	117.500	4.294	1,00	-
<40dB, Max. ≥50dB									19.425	767	1,12	1,04 - 1,22
≥40 – <45 dB	64.061	2.605	1,04	0,97 - 1,11	38.458	1.486	1,02	0,97 - 1,08	92.919	3.849	1,17	1,12 - 1,23
≥45 – <50 dB	73.164	2.834	1,01	0,94 - 1,08	48.072	1.856	1,06	1,01 - 1,12	49.580	1.897	1,16	1,09 - 1,23
≥50 – <55 dB	55.137	2.147	1,05	0,98 - 1,13	33.648	1.190	0,99	0,93 - 1,05	19.967	708	1,09	1,00 - 1,19
≥55 – <60 dB	33.470	1.256	1,01	0,94 - 1,10	13.013	440	0,98	0,89 - 1,08	5.891	175	0,91	0,77 - 1,06
≥60 – <65 dB	25.627	846	0,95	0,87 - 1,03	4.951	181	1,07	0,93 - 1,24	82	4	1,66	0,62 - 4,42
≥65 – <70 dB	17.372	590	0,98	0,89 - 1,08	2.253	57	0,76	0,59 - 0,99	-	-	-	-
≥70 dB	4.959	168	1,02	0,87 - 1,20	1.324	50	1,21	0,92 - 1,60	-	-	-	-
Kontinuierlich (Pro 10 dB)			0,989	0,969 - 1,010			1,006	0,983 - 1,030			1,051	1,015 - 1,089
L_{DN}												
<40dB, Max. <50dB	22.536	889	1,00	-	160.316	6.330	1,00	-	84.878	2.896	1,00	-
<40dB, Max. ≥50dB									100	1	0,28	0,04 - 1,91
≥40 – <45 dB	48.748	2.005	1,04	0,96 - 1,12	9.677	384	0,99	0,89 - 1,10	86.384	3.615	1,22	1,16 - 1,29
≥45 – <50 dB	65.223	2.528	1,00	0,92 - 1,07	22.327	823	0,97	0,90 - 1,04	79.351	3.237	1,25	1,19 - 1,32
≥50 – <55 dB	64.123	2.485	1,03	0,95 - 1,11	46.228	1.784	1,06	1,01 - 1,12	36.366	1.331	1,20	1,12 - 1,29
≥55 – <60 dB	42.515	1.645	1,05	0,96 - 1,14	38.456	1.406	1,01	0,96 - 1,08	15.249	525	1,08	0,98 - 1,19
≥60 – <65 dB	29.867	1.048	0,97	0,88 - 1,06	17.714	629	1,01	0,93 - 1,09	3.036	89	1,04	0,84 - 1,30
≥65 – <70 dB	22.545	795	1,01	0,92 - 1,12	6.096	195	0,93	0,81 - 1,08				
≥70 dB	9.807	299	0,91	0,80 - 1,04	4.550	143	0,96	0,81 - 1,13				
Kontinuierlich (Pro 10 dB)			0,990	0,970 - 1,010			1,005	0,988 - 1,022			1,086	1,053 - 1,120
L_{Night}												
<40dB, Max. <50 dB	121.458	4.914	1,00	-	162.698	6.436	1,00	-	136.814	5.116	1,00	-
<40dB, Max. ≥50dB									82.438	3.403	1,11	1,06 - 1,16

	Straßenverkehrslärm				Schienenverkehrslärm				Fluglärm			
	Gesamt	Erkrankt	IRR	95%KI	Gesamt	Erkrankt	IRR	95%KI	Gesamt	Erkrankt	IRR	95%KI
≥40 – <45 dB	62.732	2.370	0,97	0,92 - 1,02	37.877	1.443	1,01	0,95 - 1,07	51.459	1.986	1,08	1,03 - 1,14
≥45 – <50 dB	48.470	1.866	1,01	0,96 - 1,06	46.679	1.767	1,06	1,00 - 1,12	25.018	889	1,04	0,96 - 1,13
≥50 – <55 dB	35.308	1.284	0,97	0,91 - 1,03	33.944	1.224	0,99	0,93 - 1,06	9.156	286	0,89	0,78 - 1,00
≥55 – <60 dB	25.097	868	0,97	0,90 - 1,04	14.958	526	1,02	0,93 - 1,11	479	14	0,90	0,53 - 1,53
≥60 dB	12.299	392	0,92	0,83 - 1,02	9.208	298	0,96	0,86 - 1,08				
Kontinuierlich (Pro 10 dB)			0,985	0,963 - 1,007			1,006	0,983 - 1,029			0,978	0,937 - 1,021

Adjustierung für Alter, Geschlecht, Bildung (GKV), Berufsgruppe (GKV), SGBII Quote, Urbanität

Tabelle 49: Inzidenzraten-Ratios (IRR) für den Zusammenhang zwischen Verkehrslärm und einer neu diagnostizierten Alzheimer-Krankheit, nur Personen mit bekanntem Sozialstatus

	Straßenverkehrslärm				Schienenverkehrslärm				Fluglärm			
	Gesamt	Ambulant behandelt	IRR	95%KI	Gesamt	Ambulant behandelt	IRR	95%KI	Gesamt	Ambulant behandelt	IRR	95%KI
24 Stunden-Dauerschallpegel												
<40dB, Max. <50dB	31.574	192	1,00	-	163.645	1.096	1,00	1,00 - 1,00	117.500	694	1,00	-
<40dB, Max. ≥50dB									19.425	124	1,03	0,95 - 1,11
≥40 – <45 dB	64.061	450	1,02	0,95 - 1,09	38.458	215	0,98	0,93 - 1,04	92.919	668	0,98	0,94 - 1,03
≥45 – <50 dB	73.164	444	1,07	1,00 - 1,14	48.072	321	1,03	0,98 - 1,08	49.580	314	1,00	0,95 - 1,06
≥50 – <55 dB	55.137	379	1,10	1,03 - 1,18	33.648	198	1,01	0,95 - 1,08	19.967	109	0,97	0,90 - 1,05
≥55 – <60 dB	33.470	226	1,03	0,96 - 1,11	13.013	67	1,01	0,92 - 1,11	5.891	26	1,00	0,84 - 1,18
≥60 – <65 dB	25.627	117	1,02	0,93 - 1,11	4.951	24	1,04	0,87 - 1,25	82	2	-	-
≥65 – <70 dB	17.372	99	1,04	0,94 - 1,15	2.253	10	1,01	0,80 - 1,26	-	-	-	-
≥70 dB	4.959	30	1,08	0,93 - 1,25	1.324	6	0,98	0,71 - 1,34	-	-	-	-
Kontinuierlich (Pro 10 dB)			1,010	0,990 - 1,031			1,009	0,985 - 1,033			0,988	0,955 - 1,022
L_{DN}												
<40dB, Max. <50dB	22.536	140	1,00	-	160.316	1.073	1,00	1,00 - 1,00	84.878	470	1,00	-
<40dB, Max. ≥50dB									100	0		
≥40 – <45 dB	48.748	347	0,98	0,91 - 1,06	9.677	58	1,06	0,95 - 1,18	86.384	605	0,99	0,94 - 1,04
≥45 – <50 dB	65.223	397	1,08	1,00 - 1,17	22.327	131	0,99	0,92 - 1,06	79.351	549	0,98	0,93 - 1,04
≥50 – <55 dB	64.123	406	1,05	0,97 - 1,13	46.228	297	1,01	0,96 - 1,07	36.366	222	1,02	0,95 - 1,09
≥55 – <60 dB	42.515	309	1,06	0,98 - 1,15	38.456	233	1,00	0,94 - 1,05	15.249	79	0,93	0,84 - 1,02
≥60 – <65 dB	29.867	155	1,00	0,92 - 1,10	17.714	91	1,08	0,99 - 1,19	3.036	12	1,11	0,90 - 1,37
≥65 – <70 dB	22.545	136	1,05	0,96 - 1,16	6.096	33	0,93	0,82 - 1,06	-	-	-	-
≥70 dB	9.807	47	1,02	0,90 - 1,17	4.550	21	1,06	0,90 - 1,25	-	-	-	-
Kontinuierlich (Pro 10 dB)			1,010	0,990 - 1,030			1,005	0,988 - 1,023			0,997	0,966 - 1,029

	Straßenverkehrslärm				Schienenverkehrslärm				Fluglärm			
	Gesamt	Ambulant behandelt	IRR	95%KI	Gesamt	Ambulant behandelt	IRR	95%KI	Gesamt	Ambulant behandelt	IRR	95%KI
L_{Night}												
<40dB, Max. <50 dB	121.458	804	1,00	-	162.698	1.083	1,00	1,00 - 1,00	136.814	842	1,00	-
<40dB, Max. ≥50dB									82.438	598	0,99	0,95 - 1,04
≥40 – <45 dB	62.732	389	1,03	0,98 - 1,08	37.877	219	1,02	0,96 - 1,08	51.459	314	1,00	0,95 - 1,06
≥45 – <50 dB	48.470	335	1,03	0,98 - 1,08	46.679	317	1,02	0,97 - 1,07	25.018	142	0,99	0,92 - 1,06
≥50 – <55 dB	35.308	202	1,00	0,95 - 1,07	33.944	195	1,00	0,94 - 1,06	9.156	39	1,04	0,90 - 1,20
≥55 – <60 dB	25.097	143	1,03	0,96 - 1,11	14.958	78	1,03	0,94 - 1,13	479	2	-	-
≥60 dB	12.299	64	0,99	0,90 - 1,10	9.208	45	0,99	0,88 - 1,12	-	-	-	-
Kontinuierlich (Pro 10 dB)			1,006	0,985 - 1,028			1,008	0,985 - 1,031			1,005	0,963 - 1,048

Adjustierung für Alter, Geschlecht, Bildung (GKV), Berufsgruppe (GKV), SGBII Quote, Urbanität

Tabelle 50: Inzidenzraten-Ratios (IRR) für den Zusammenhang zwischen Verkehrslärm und einer neu diagnostizierten vaskulären Demenz, nur Personen mit bekanntem Sozialstatus

	Straßenverkehrslärm				Schienenverkehrslärm				Fluglärm			
	Gesamt	Stationär behandelt	IRR	95%KI	Gesamt	Stationär behandelt	IRR	95%KI	Gesamt	Stationär behandelt	IRR	95%KI
24 Stunden-Dauerschallpegel												
<40dB, Max. <50dB	31.574	370	1,00	-	163.645	1.817	1,00	-	117.500	1.176	1,00	-
<40dB, Max. ≥50dB									19.425	200	1,00	0,95 - 1,06
≥40 – <45 dB	64.061	697	1,04	0,99 - 1,09	38.458	396	1,03	0,98 - 1,07	92.919	1.072	1,03	0,99 - 1,06
≥45 – <50 dB	73.164	754	1,02	0,98 - 1,07	48.072	467	0,98	0,94 - 1,02	49.580	515	1,03	0,98 - 1,07
≥50 – <55 dB	55.137	597	1,04	0,99 - 1,10	33.648	317	1,01	0,97 - 1,06	19.967	191	1,04	0,98 - 1,10
≥55 – <60 dB	33.470	343	1,04	0,99 - 1,10	13.013	130	1,01	0,94 - 1,08	5.891	43	1,04	0,93 - 1,17
≥60 – <65 dB	25.627	247	1,02	0,96 - 1,08	4.951	45	1,08	0,96 - 1,23	82	0	-	-
≥65 – <70 dB	17.372	144	1,03	0,96 - 1,11	2.253	13	1,04	0,86 - 1,25	-	-	-	-
≥70 dB	4.959	45	0,97	0,87 - 1,08	1.324	12	0,95	0,79 - 1,15	-	-	-	-
Kontinuierlich (Pro 10 dB)			1,004	0,989 - 1,019			1,001	0,984 - 1,017			1,018	0,993 - 1,043
L_{DN}												
<40dB, Max. <50dB	22.536	256	1,00	-	160.316	1.783	1,00	-	84.878	775	1,00	-
<40dB, Max. ≥50dB									100	0	-	-
≥40 – <45 dB	48.748	544	0,98	0,91 - 1,06	9.677	124	1,00	0,94 - 1,07	86.384	1.026	1,02	0,99 - 1,06
≥45 – <50 dB	65.223	688	1,08	1,00 - 1,17	22.327	199	1,05	0,99 - 1,12	79.351	894	1,03	0,98 - 1,07
≥50 – <55 dB	64.123	695	1,05	0,97 - 1,13	46.228	448	0,98	0,95 - 1,02	36.366	344	1,03	0,98 - 1,08
≥55 – <60 dB	42.515	419	1,06	0,98 - 1,15	38.456	379	0,99	0,95 - 1,04	15.249	138	1,05	0,98 - 1,13
≥60 – <65 dB	29.867	299	1,00	0,92 - 1,10	17.714	179	1,01	0,95 - 1,07	3.036	20	1,07	0,90 - 1,27
≥65 – <70 dB	22.545	224	1,05	0,96 - 1,16	6.096	52	1,04	0,94 - 1,16	-	-	-	-
≥70 dB	9.807	72	1,02	0,90 - 1,17	4.550	33	1,02	0,90 - 1,15	-	-	-	-
Kontinuierlich (Pro 10 dB)			1,006	0,992 - 1,020			1,001	0,989 - 1,014			1,019	0,996 - 1,043
L_{Night}												

	Straßenverkehrslärm				Schienenverkehrslärm				Fluglärm			
	Gesamt	Stationär behandelt	IRR	95%KI	Gesamt	Stationär behandelt	IRR	95%KI	Gesamt	Stationär behandelt	IRR	95%KI
<40dB, Max. <50 dB	121.458	1.359	1,00	-	162.698	1.824	1,00	-	136.814	1.429	1,00	-
<40dB, Max. ≥50dB									82.438	936	1,01	0,98 - 1,04
≥40 – <45 dB	62.732	647	1,04	1,00 - 1,07	37.877	380	0,99	0,95 - 1,03	51.459	527	1,04	1,00 - 1,08
≥45 – <50 dB	48.470	494	1,01	0,97 - 1,05	46.679	436	0,99	0,95 - 1,03	25.018	226	1,00	0,95 - 1,05
≥50 – <55 dB	35.308	366	1,00	0,96 - 1,04	33.944	336	0,97	0,93 - 1,02	9.156	75	1,03	0,94 - 1,13
≥55 – <60 dB	25.097	234	1,00	0,95 - 1,06	14.958	148	1,02	0,96 - 1,09	479	4	0,83	0,69 - 1,00
≥60 dB	12.299	97	1,02	0,95 - 1,09	9.208	73	1,02	0,93 - 1,12	-	-	-	-
Kontinuierlich (Pro 10 dB)			1,004	0,988 - 1,019			0,999	0,983 - 1,016			1,018	0,988 - 1,049

Adjustierung für Alter, Geschlecht, Bildung (GKV), Berufsgruppe (GKV), SGBII Quote, Urbanität

3.1.3.5.2 Stratifizierung nach Geschlecht

Eine Demenzdiagnose findet sich auf der Grundlage der einbezogenen Krankenversichertendaten etwas häufiger bei Frauen als bei Männern. Von 460.763 Frauen wiesen 48.275 (10,5%) eine Demenzdiagnose auf, bei den Männern waren es 26.464 (7,2%) von 366.400 (keine tabellarische Darstellung).

Im Wesentlichen sind die Ergebnisse bei Frauen und Männern vergleichbar. In der Subentitätenanalyse findet sich bei Männern eher ein Zusammenhang zwischen Schienenverkehrslärm und einer Alzheimer-Diagnose (mit einer Risikoerhöhung von etwa 2% pro 10 dB Anstieg des 24 Stunden-Dauerschallpegel und L_{DN}); bei Frauen findet sich eher ein Zusammenhang einer Alzheimer-Diagnose mit dem Straßenverkehrslärm (mit einer Risikoerhöhung von etwa 2% pro 10 dB Pegelanstieg für alle akustischen Kennwerte).

3.1.4 Zusammenfassung der Ergebnisse der Teilstudie 1

In Teilstudie 1 wurde der Einfluss von Verkehrslärm auf Depressionen, Angststörungen und Demenzerkrankungen untersucht. Die in die NORAH-Studie zu Krankheitsrisiken einbezogenen Sekundärdaten von drei großen gesetzlichen Krankenkassen im Rhein-Main-Gebiet bildeten die Datengrundlage. Insgesamt wurden Daten von über 655.000 Frauen und Männern im Alter von mindestens 40 Jahren analysiert.

Im ersten Teil der Teilstudie 1 wurde der Einfluss von sozioökonomischen und Lebensstil-bezogenen Faktoren auf die Abschätzung der Verkehrslärmrisiken untersucht. Als „Grundgesamtheit“ dieser Analyse dienten 3.023 zufällig ausgewählte Versicherte, die im Rahmen der NORAH-Studie zu Krankheitsrisiken einen ausführlichen Fragebogen ausgefüllt hatten. Soweit sich in der Gruppe dieser befragten Versicherten ohne und mit psychischen Erkrankungen die erhöhten Risikoschätzer der Gesamtgruppe reproduzieren ließen, wurde der Einfluss der folgenden sozioökonomischen und Lebensstil-bezogenen Faktoren auf die Risikoschätzer untersucht: a) individueller sozioökonomischer Status, b) BMI, Effort-Reward-Imbalance und Sportausübung sowie c) Rauchen und Alkoholkonsum. Insgesamt ließen sich auf der Grundlage der Befragungsstudie für alle drei Verkehrslärmarten erhöhte Risikoschätzer in höheren Lärmpegel-Kategorien finden. Die fehlende wesentliche Veränderung dieser Risikoschätzer spricht gegen ein substanzielles residuelles Confounding durch den Sozialstatus in der sekundärdaten-basierten NORAH-Studie zu Krankheitsrisiken. Des Weiteren wurde der Einfluss von Belästigungsempfinden und Lärmschutzmaßnahmen auf die verkehrslärmbezogenen Risiken untersucht. Hier sind tendenziell höhere Risikoschätzer bei Personen ohne wahrgenommene Lärmbelastigung zu finden. Außerdem war das Fehlen von Lärmschutzmaßnahmen mit höheren Risikoschätzern für eine Depression durch Verkehrslärm (insbesondere Fluglärm) verbunden.

Im zweiten Teil der Teilstudie 1 wurden mittels Inzidenzraten-Ratios (IRR) die lärmbezogenen Risiken für eine Depression, Angststörung oder Demenzerkrankung abgeschätzt. Im Unterschied zur ursprünglichen NORAH-Studie zu Krankheitsrisiken erfolgte die Auswertung im Kohortenansatz und berücksichtigte die individuell vorliegenden Personenmonate im Untersuchungszeitraum. Die kumulative „Inzidenz“ der untersuchten Erkrankungen im Untersuchungszeitraum 2006 bis 2010 betrug für eine Depression 11,8%, für eine Angststörung 3,2% und für eine Demenzerkrankung 11,4%. Frauen waren häufiger von einer psychischen Erkrankung betroffen als Männer. Als Lärmmaße wurden die 24 Stunden-Dauerschallpegel, der L_{DEN} und der nächtliche Mittelungspegel in der Nacht (22 bis 6 Uhr) untersucht.

Generell war die Exposition gegenüber allen drei Verkehrslärmarten mit einem signifikant erhöhten Risiko für eine Depression wie auch für eine Angststörung verbunden. Sowohl für die Depression wie auch für die Angststörung fanden sich die höchsten Risikoschätzer für Fluglärm. Die Risikosteigerung betrug für eine Depression etwa 8 bis 11% pro 10 dB Fluglärmpegelanstieg und für eine Angststörung

etwa 6 bis 15% pro 10 dB Fluglärmpegelanstieg. Für Schienenverkehrslärm waren Risikoerhöhungen zwischen 4 und 5% pro 10 dB (für eine Depression) und zwischen 2 und 3% pro 10 dB (für eine Angststörung) zu beobachten. Für Straßenverkehrslärm fanden sich Depressionsrisiken von 3 bis 4% pro 10 dB Pegelanstieg und Risiken für eine Angststörung von 2 bis 3% pro 10 dB Pegelanstieg. Wurde die Auswertung auf Personen mit bekanntem sozioökonomischem Status beschränkt, so ließen sich generell höhere Risikoschätzer für eine verkehrslärmbedingte Depression beobachten. Bei der Angststörung hatte die Einschränkung der Analyse auf Personen mit einem bekannten Sozialstatus keinen wesentlichen Einfluss auf die Höhe der Risikoschätzer.

Versicherte mit mindestens sechs nächtlichen Maximalpegeln (NAT-6) über 50 dB (bei nächtlichen Mittelungspegeln unterhalb von 40 dB) wiesen ein um 6% erhöhtes Risiko für eine Depression und ein um 13% erhöhtes Risiko für eine Angststörung auf; bei Einschränkung der Analyse auf Personen mit einem bekannten Sozialstatus betrug die entsprechende Risikoerhöhung für Depression wie Angststörung 10%.

Die beschriebenen Risikoerhöhungen beziehen sich wesentlich auf ambulant diagnostizierte Depressionen und Angststörungen. Bei Betrachtung von Patientinnen und Patienten mit mindestens einer gesicherten stationären Diagnose fanden sich keine erhöhten Risiken.

Es fanden sich keine substanziellen Unterschiede zwischen Männern und Frauen hinsichtlich des verkehrslärmbezogenen Risikos für eine neu diagnostizierte Depression oder Angststörung. Auch die getrennte Auswertung von Versicherten im Alter bis 60 Jahren und Versicherten über 60 Jahren zeigte keine wesentlichen Unterschiede in den Risikoschätzern. Tendenziell lagen die schienenlärmbezogenen und fluglärmbezogenen Risikoschätzer für eine Depression bei jüngeren Versicherten etwas höher.

Die Demenzerkrankung weist auf der Grundlage des einbezogenen NORAH-Datensatzes zu Krankheitsrisiken allenfalls einen schwachen (nicht signifikanten) positiven Zusammenhang mit der Verkehrslärmexposition auf. Bei 74.739 Versicherten (11,4%) wurde im Untersuchungszeitraum eine Demenzerkrankung diagnostiziert. Davon entfielen 11.094 (14,8%) auf eine Demenz vom Alzheimer-Typ und 18.601 (24,9%) auf eine vaskuläre Demenz. Der Großteil der Demenzdiagnosen entfiel auf eine nicht näher bezeichnete Demenz (60,3%; ICD-10 F03).

Bei Betrachtung der Demenzerkrankungen insgesamt (60,3% nicht näher bezeichnete Demenzerkrankungen, 24,9% vaskuläre Demenz, 14,8% Alzheimer-Demenz) fand sich ein Zusammenhang zwischen einer Demenzdiagnose und der Exposition gegenüber Schienenverkehrslärm und Fluglärm mit Risikoerhöhungen etwa um die 2% pro 10 dB Pegelanstieg. Trotz einiger statistisch signifikanter Risikoerhöhungen in der kategorisierten Analyse ließ sich bei statistisch signifikant negativen Zusammenhängen im linearen Ansatz insgesamt kein positiver Zusammenhang einer Demenzdiagnose mit dem Straßenverkehrslärm aufzeigen.

Bei ausschließlicher Betrachtung der Alzheimer-Demenz wie auch der vaskulären Demenz in der Subentitätenanalyse zeigten sich generell nur schwache Zusammenhänge mit Verkehrslärmexposition mit einem Risikoanstieg von maximal etwa 1% pro 10 dB Pegelanstieg. Wesentliche Unterschiede zwischen den einzelnen Verkehrslärmarten waren nicht auszumachen. Die Einschränkung auf Personen mit bekanntem individuellem Sozialstatus hatte keinen substanziellen Einfluss auf die Risikoschätzer. Die Ergebnisse für Frauen und Männer waren vergleichbar.

Insgesamt lassen sich die Ergebnisse im Fallkontroll-Ansatz durch den Kohortenansatz bestätigen.

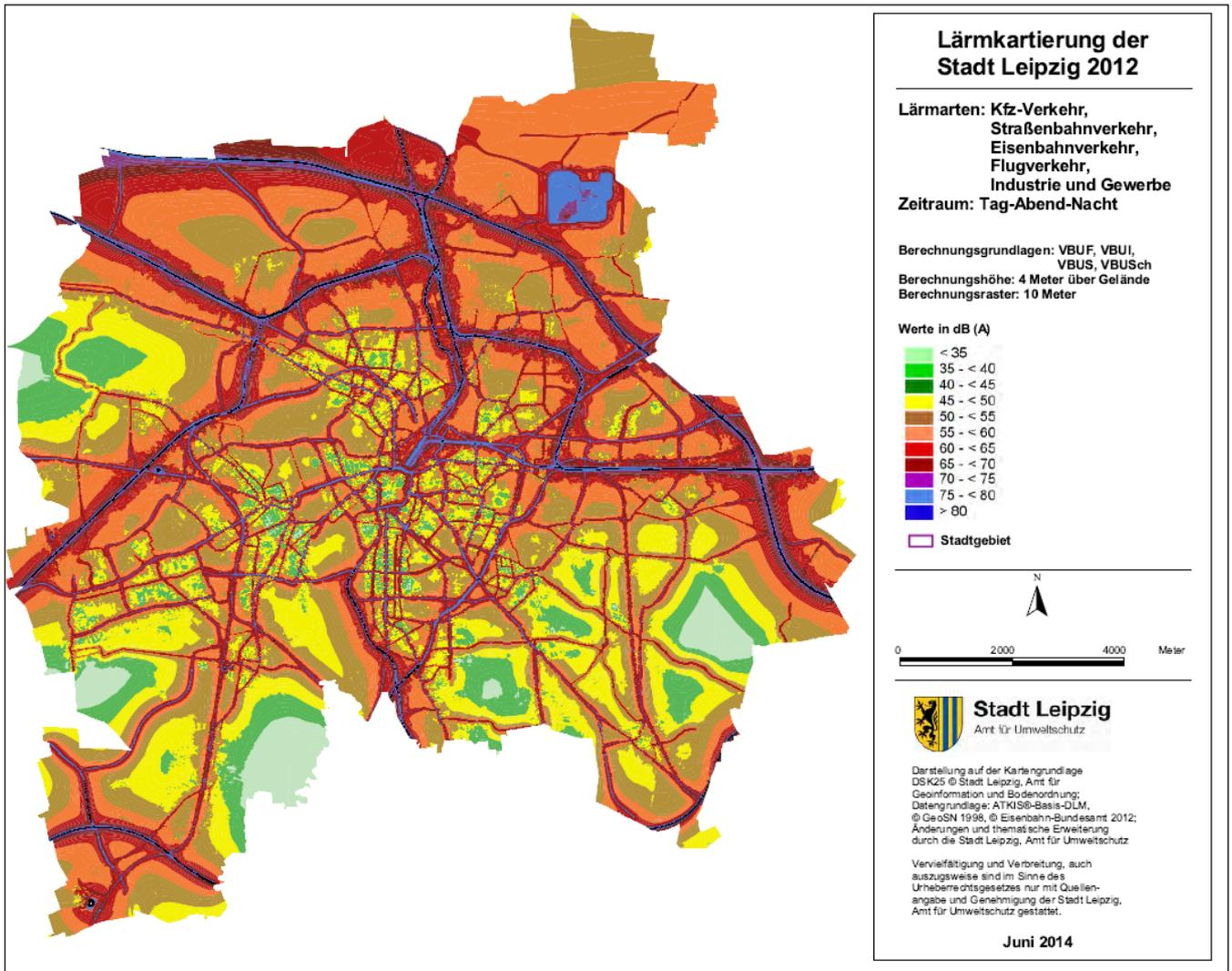
4 Teilstudie 2

Die vorgenannten Ergebnisse der NORAH-Studie zu Krankheitsrisiken wurden in der Stadt Leipzig – einem Gebiet mit teilweise anderen Verkehrslärm-Charakteristika – auf ihre Replizierbarkeit hin untersucht. Dazu wurden die Probandendaten der Leipziger LIFE-Kohortenstudie mit adressgenauen Verkehrslärmdaten verknüpft. Die Stadt Leipzig ist durch eine hohe Expositionsprävalenz von Schienenverkehrsgeräuschen wie auch durch einen relativ hohen Anteil von nächtlichen Maximalpegeln (wesentlich bedingt durch den Luftfrachtverkehr) gekennzeichnet. Die Einschränkung auf ein Stadtgebiet beinhaltet den methodischen Vorteil, dass mögliche Stadt-Land-Unterschiede in der Diagnose und Versorgung psychischer Erkrankungen keine Rolle spielen. Die Erhebung psychischer Störungen im Rahmen der LIFE-Studie basiert wesentlich auf validierten Erhebungsinstrumenten; damit spielt ein diagnostischer Bias – der in sekundärdatenbasierten Studien grundsätzlich nicht auszuschließen ist – keine bedeutsame Rolle. Schließlich entfiel in der LIFE-Studie die Altersbeschränkung der Studienpopulation: damit ist auch eine Aussage zu den Verkehrslärm-bezogenen Erkrankungsrisiken unter 40jähriger Personen möglich.

Im Unterschied zur NORAH-Studie zu Krankheitsrisiken wurden in der LIFE-Kohortenstudie auch Luftschadstoffe (PM10-Feinstaub und NO₂) adressgenau erhoben und in der Analyse als wichtige Confounder berücksichtigt. Damit wurde dem Umstand Rechnung getragen, dass mehrere Studien einen Zusammenhang zwischen Luftschadstoffen und psychischen Erkrankungen (insbesondere depressiven Erkrankungen) fanden (Lim et al. 2012, Tzivian et al. 2015, Kim et al. 2016, Pun et al. 2017, Kioumourtzoglou et al. 2017, Szyszkowicz et al. 2009, Szyszkowicz et al. 2016). Die Berücksichtigung von Luftschadstoffen ermöglicht die genauere Identifizierung „isolierter“ Verkehrslärm-Risiken.

Leipzig ist eine schnell wachsende Stadt mit über 600.000 Einwohnern und einer umfangreichen Verkehrsinfrastruktur dar, die Autobahnverbindungen, einen Knotenpunkt für den Schienenfernverkehr und den angrenzenden Flughafen Leipzig/Halle umfasst. Basierend auf den von der Stadt Leipzig aufgestellten Lärmbelastungskarten sind sowohl Stadtlagen mit erhöhten als auch mit geringen Lärmexpositionen vorhanden (Abbildung 11). Damit ist die Gesamtlärmsituation gut geeignet, um die Einwirkung von Verkehrslärm auf psychische Erkrankungen zu untersuchen. Während Straßen- und Schienenverkehrslärm in der Stadt weiträumig verteilt sind und in der Mehrzahl der Fälle damit auch die Gesamtbelastung dominieren, ist eher der nördliche Rand von Leipzig gegenüber höheren Fluglärmpegeln exponiert. Im Vergleich mit dem Frankfurter Flughafen gibt es beim Flughafen Leipzig/Halle kein Nachtflugverbot und ein Teil der Einwohner*innen Leipzigs ist gegenüber den Luftverkehrsgeräuschen von etwa 60 Anflügen und 60 Abflügen pro Nacht exponiert (Mobius 2015). Somit wurde der Einfluss von nächtlichen Fluglärm auf die psychische Gesundheit gesondert untersucht. Zudem wurden auch aus dem Schienen-(Güter)-Verkehr Belastungen erwartet, die gesundheitliche Auswirkungen haben können.

Abbildung 11: Lärmkartierung der Stadt Leipzig 2012 (Quelle: Stadt Leipzig)



Quelle: Stadt Leipzig (2014a): Lärmkartierung der Stadt Leipzig 2012, Gesamtlärm Lden. Online im Internet: https://static.leipzig.de/fileadmin/mediendatenbank/leipzig-de/Stadt/02.3_Deiz3_Umwelt_Ordnung_Sport/36_Amt_fuer_Umweltschutz/Luft_und_Laerm/Laerm/Laermkartierung/Immissionskarten/Laerm_Gesamt_LDEN.pdf, letzter Abruf 23.05.2022

Nachfolgend wird die Ermittlung der Lärm- und Luftschadstoffbelastungen für die Wohnadressen der untersuchten Teilnehmer*innen der LIFE-Kohortenstudie beschrieben. Die Basiserhebung (Baseline-Untersuchung) der LIFE-Kohortenstudie fand im Zeitraum 2011 bis 2014 statt. Als Bezugsjahr für die Ermittlung der Lärm- und Luftschadstoffbelastungen wurde daher das Jahr 2012 gewählt.

4.1 Methodik

4.1.1 Studiendesign

Die LIFE-Studie wird als Kohortenstudie durchgeführt. Die erste Erhebungswelle fand von August 2011 bis November 2014 statt. Die zweite Erhebungswelle startete Juni 2018 und war im Dezember 2022 abgeschlossen.

In der ersten Erhebungswelle wurde eine alters- und geschlechtsstratifizierte Zufallsstichprobe von 10.000 Personen im Alter von 40-79 Jahren gezogen. Die Personen wurden durch das Einwohnermeldeamt zufällig ausgewählt und postalisch zur Studie eingeladen. Nach vier Wochen erhielten alle Personen, die sich nicht auf die Einladung hin gemeldet hatten, ein Erinnerungsschreiben. Personen, die sich weiterhin nicht auf das Erinnerungsschreiben meldeten, wurden mithilfe des öffentlichen Telefonverzeichnisses recherchiert und telefonisch kontaktiert. Wollten Personen nicht an der Studie teilnehmen, wurden in diesem Fall neue potenzielle Teilnehmer*innen desselben Alters und Geschlechts zufällig aus der Liste des Einwohnermeldeamts ausgewählt und zur Teilnahme eingeladen. Zudem wurden noch 400 Personen im Alter von 18-39 Jahren rekrutiert.

4.1.2 Akustik

Die Ermittlung der akustischen Belastungen erfolgte soweit wie möglich auf Basis vorhandener Daten aus der Lärmkartierung der Stadt Leipzig mit dem Bezugsjahr 2012. Die Daten wurden durch den Lehrstuhl für Verkehrsökologie für das Vorhaben aufbereitet und plausibilitätsgeprüft. Zusätzlich notwendige akustische Berechnungen wurden durch das Dresdner Ingenieurbüro „cdf Schallschutz“ durchgeführt.

4.1.2.1 Straßenverkehr

4.1.2.1.1 Verkehrliche Eingangsdaten

Die verkehrlichen Eingangsdaten zur Modellierung des Straßenverkehrslärms auf dem Leipziger Hauptstraßennetz wurden aus den Berechnungen übernommen, die im Rahmen der Lärmkartierung 2012 im Leipziger Amt für Umweltschutz durchgeführt wurden. Somit liegen auf dem Leipziger Hauptstraßennetz straßenabschnittsfein georeferenzierte Daten zur durchschnittlichen täglichen Verkehrsstärke (DTV) sowie zum Schwerverkehrsanteil jeweils differenziert nach Tag-, Abend- und Nachtstunden vor. Auch die sonstigen, für die Lärmmodellierung relevanten Merkmale des Hauptstraßennetzes (Straßenoberflächen, zulässige Höchstgeschwindigkeiten) wurden aus dem Lärmmodell übernommen.

Zur Berücksichtigung des Straßenverkehrslärms auf den Nebennetzstraßen liegt die Geometrie des Nebennetzes vor, allerdings gibt es hierfür keinerlei explizit gezählte oder modellierten Verkehrsaufkommenswerte. Becker (2016) beschäftigte sich im Rahmen seines Dissertationsvorhabens unter anderem mit der Relevanz des Nebennetzes für die Ermittlung der Straßenverkehrslärmbelastung der Anwohnenden. Die Lärmpegel unter Berücksichtigung des Verkehrsaufkommens in Nebennetzstraßen erhöhten sich gegenüber der Nichtberücksichtigung einer Nebennetzbelegung um teilweise mehr als 15dB (siehe Abbildung 12). Demzufolge ergeben sich bei Berücksichtigung des Nebennetzes deutlich höhere Betroffenheitswerte als bei der strategischen Lärmkartierung gemäß EU-Umgebungslärmrichtlinie ohne Berücksichtigung des Nebennetzes. Aufgrund des dort beschriebenen potentiellen Ausmaßes der Unterschätzung der Lärmbetroffenheit wurde im Rahmen dieser Studie ein pragmatischer Ansatz entwickelt, mit dem die Verkehrsmengen auf dem Nebennetz und die resultierende Lärmbelastung trotz der fehlenden Ausgangsdaten grob abgeschätzt werden konnte.

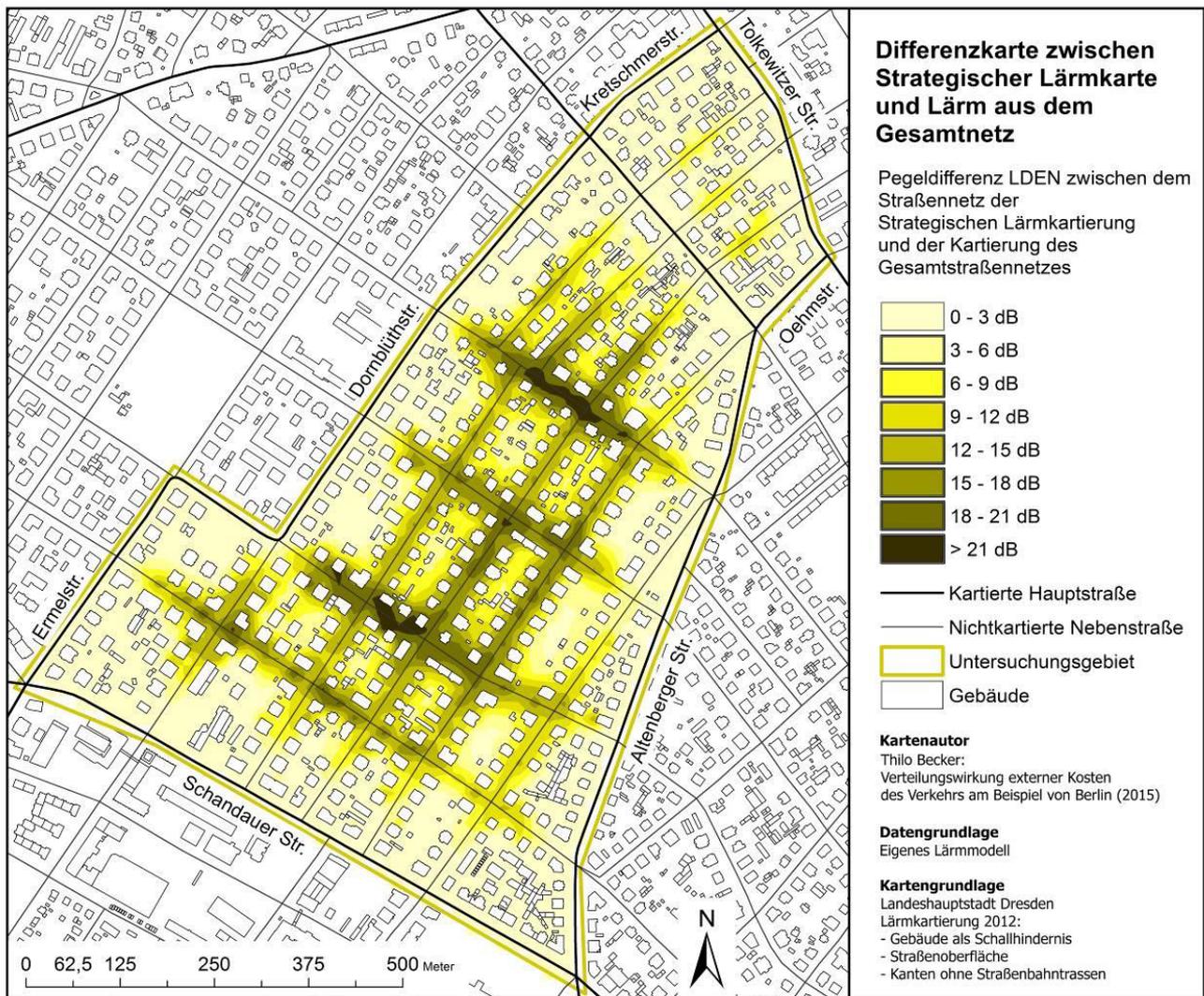
Hierfür wurde zunächst die Gesamtfahrleistung (in Fahrzeugkilometern) auf dem Leipziger Nebennetz im Jahr 2012 abgeschätzt. Diese ergibt sich aus der Differenz der Leipziger Gesamtfahrleistung und der Summe der Fahrleistungen auf den Strecken des Leipziger Hauptstraßennetzes, so wie sie im Rahmen der Lärmkartierung Leipzig verwendet wurden.

Die Berechnung der Leipziger Gesamtfahrleistung wurde auf Basis des Leipziger Fahrzeugbestands im Jahre 2012 entsprechend der Bestandsstatistik des Kraftfahrtbundesamtes (KBA)¹³ und der mittleren

¹³ https://www.kba.de/DE/Statistik/Fahrzeuge/Bestand/bestand_node.html, letzter Zugriff: 20.02.2018

Jahresfahrleistung nach BMDV (2014) berechnet. Dieses Vorgehen weist eine methodische Unsicherheit auf, da die so berechnete Fahrleistung die „Inländerfahrleistung“ der Leipziger Einwohner*innen innerhalb und außerhalb von Leipzig darstellt. Bei den Fahrleistungen auf dem Leipziger Straßennetz handelt es sich hingegen um die sogenannte „Inlandsfahrleistung“, also die Fahrleistung, die unabhängig vom Fahrzeughalter auf dem Stadtgebiet Leipzig erbracht wird. Es wurde vereinfacht angenommen, dass die Fahrleistung der Leipziger Einwohner*innen auf Außerorts- und Autobahnstraßen vergleichbar mit der Fahrleistung Auswärtiger im Leipziger Straßennetz (z. B. Einpendler*innen) ist. Tabelle 51 zeigt die Berechnung der PKW-Gesamtfahrleistung der Leipziger Einwohner*innen 2012.

Abbildung 12: Pegeldifferenz L_{DEN} zwischen dem Straßennetz der strategischen Lärmkartierung und der Kartierung des Gesamtstraßennetzes (gemäß Becker 2016)



Quelle: Becker, T. (2016). Die Strategische Lärmkarte im städtischen Raum – Bildet die alleinige Berücksichtigung von Hauptverkehrsstraßen die Realität angemessen ab? Vortrag an den 25. Verkehrswissenschaftlichen Tagen der TU Dresden, Dresden, März 2016

Aus der berechneten Gesamtfahrleistung, der Summe der Fahrleistung auf dem Hauptstraßennetz und der Streckenlänge des Nebennetzes ergibt sich eine DTV von ca. 1600 PKW pro Tag im Nebennetz der Stadt Leipzig (siehe Tabelle 52).

Von Becker (2016) wurden zur Abschätzung der Relevanz des Nebennetzes auf die Bewertung des Straßenverkehrslärms im Rahmen einer Einzeluntersuchung in einem Dresdner Wohnquartier Handzählungen vorgenommen. Die dabei ermittelten DTV-Werte lagen im Bereich zwischen ca. 750 und 2500 Kfz pro Tag.

Tabelle 51: Berechnung der Leipziger PKW-Gesamtfahrleistung 2012

	Bestand Leipzig 2012 Jahresmittel ¹⁾	Mittlere deutsche Jahresfahrleistung 2012 in km	PKW-Fahrleistung Leipzig 2012 in Mio Fzg.-km/a
PKW	201 813		2 666,56
Davon			
Diesel	41 215	20 600	849,03
Benzin und sonstige	160 598	11 100	1 817,54

¹⁾ Mittelwert aus 01.01.2012 und 01.01.2013

Tabelle 52: Ableitung eines mittleren DTV-Wertes auf den Leipziger Nebennetzstraßen

Datengrundlage	Straßenkategorie	Netzlänge [km]	PKW-Fahrleistung [Mio. Fzg.-km/a]	DTV [Pkw/Tag]
Berechnete Gesamtfahrleistung (Inländerprinzip, ->Tabelle 51)			2 666,56	
Fahrleistung Hauptstraßennetz laut Lärmkartierung 2012 (Inlandsprinzip)	Autobahn	41,3	442,92	2 9381
	Bundesstraße	91,8	520,22	1 5524
	Gemeindestraße	138,1	140,10	2 779
	Landes-/Kreisstraße	271,7	998,64	10 068
	Gesamt	543,0	2 101,88	
Eigene Berechnung Nebennetz	Ortsstraßen	970,7	564,69	1 594
	davon: Erschließungsstraßen	595,5		786
	davon: Sammelstraßen	375,2		2 621

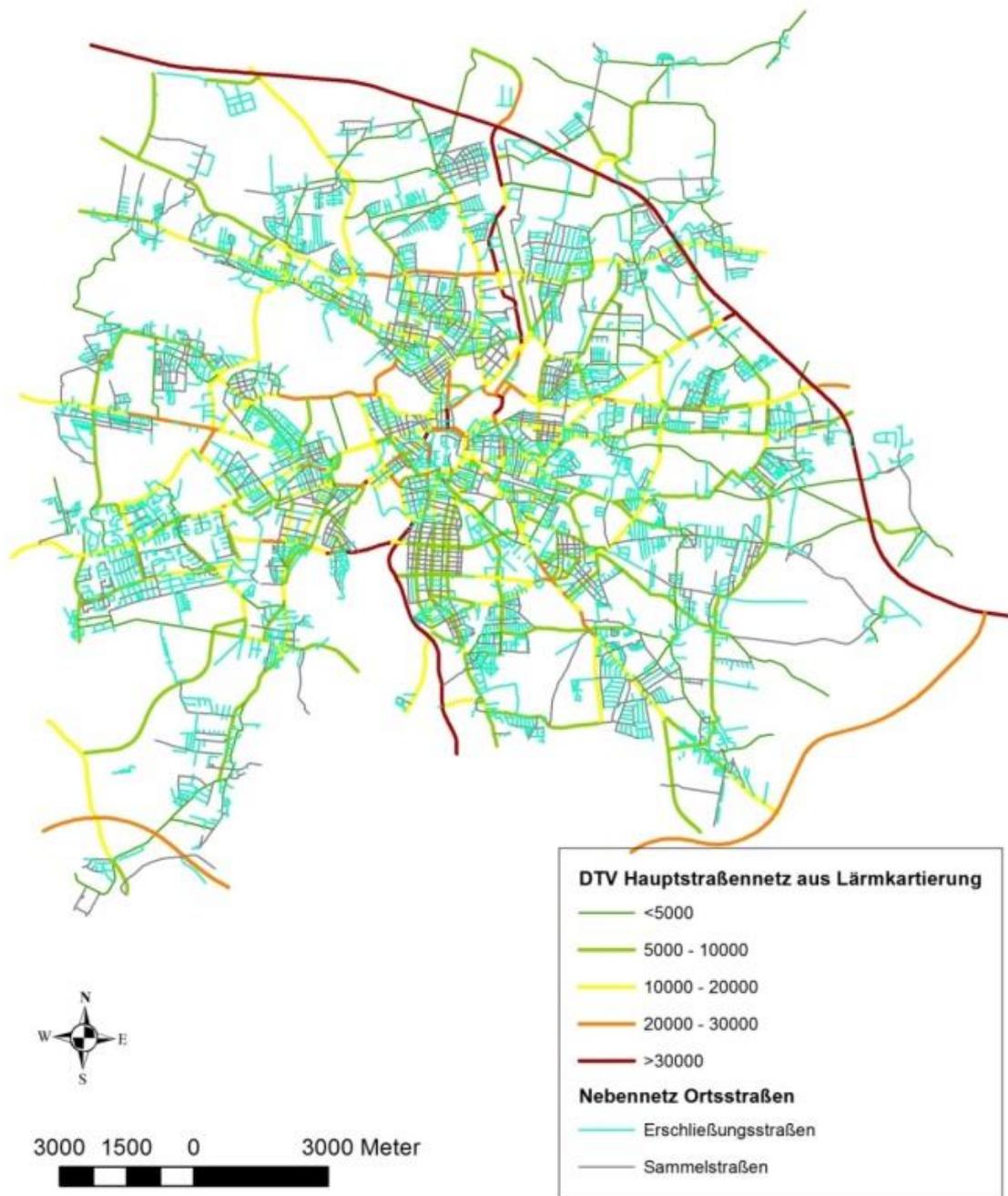
Allerdings zeigt die vorliegende Handzählung auch die relativ große Spannweite der DTV-Werte innerhalb eines Quartiers, insbesondere zwischen den Straßen, die innerhalb des Nebennetzes die Funktion einer Sammelstraße haben und denen, die als Erschließungsstraßen fungieren. Die Straßen des Leipziger Nebennetzes wurden deshalb nach diesen Kriterien unterschieden. Bei überschlagsmäßiger Übertragung des Verhältnisses zwischen den DTV-Werten der Sammel- und Erschließungsstraßen aus der Handzählung von Becker (2016) auf die für das Leipziger Nebennetz abgeschätzten Fahrleistungsdaten ergibt sich für die Leipziger Erschließungsstraßen ein DTV-Wert von 786 Kfz pro Tag, für die Sammelstraßen ein DTV-Wert von 2621 Kfz pro Tag. Diese Werte liegen in der Größenordnung der Nebennetzbelegung gemäß Becker (2016) und wurden auch vom Leipziger Verkehrsamt als plausibel eingeschätzt.¹⁴

¹⁴ Internes Telefonat mit Herrn Dr. Auspurg am 28.02.2018

Für die Ermittlung des Schwerverkehrsanteils im Nebennetz stand kein geeignetes Schätzverfahren mit Leipzig-spezifischen Daten zur Verfügung. Hier wurde pauschal der Schwerverkehrsanteil verwendet, der entsprechend der Vorläufigen Berechnungsmethode für den Umgebungslärm an Straßen (VBUS) bei fehlenden spezifischen Daten für Gemeindestraßen angenommen wird (maßgeblicher Lkw-Anteil $p_t = 10\%$, $p_a = 6,5\%$, $p_n = 3\%$). Angenommen wurde eine zulässige Höchstgeschwindigkeit im Nebennetz von 50km/h sowie der Straßenbelag „nicht geriffelte Gussasphalte, Asphaltbetone oder Splitt-Mastix-Asphalte“.

In Abbildung 13 ist zusammenfassend das verwendete Verkehrsaufkommen im Leipziger Hauptstraßennetz sowie die gewählte Einteilung des Nebennetzes in Sammel- und Erschließungsstraßen dargestellt.

Abbildung 13: Datengrundlage zu Verkehrsmengen auf dem Leipziger Straßennetz



Quelle: eigene Darstellung, Institut für Verkehrsplanung und Straßenverkehr, Lehrstuhl für Verkehrsökologie, TU Dresden (Datenbasis Stadt Leipzig (Verkehrsbelastung des Leipziger Hauptverkehrsstraßennetzes aus der Lärmkartierung 2012, Shape-Datei, bereitgestellt durch das Verkehrs- und Tiefbauamt Leipzig) sowie eigene Abschätzung)

4.1.2.1.2 Akustische Berechnung Straßenverkehrslärm

Maßgeblich für die Berechnung der Schallemission der Straße sind:

- ▶ das Verkehrsaufkommen
- ▶ der Schwerverkehrsanteil,
- ▶ die Straßenoberfläche,
- ▶ die zulässige Höchstgeschwindigkeit sowie,
- ▶ Steigungen und Gefälle der Straße

Die Modellierung der akustischen Kenngrößen des Straßenverkehrslärms erfolgte entsprechend der Vorläufigen Berechnungsmethode für den Umgebungslärm an Straßen (VBUS) mit der Lärmmodellierungssoftware SoundPlan. Der Emissionspegel $L_{m,E}$ des Verkehrsweges wurde entsprechend der Berechnungsvorschrift wie folgt ermittelt:

$$L_{m,E} = L_{m(25)} + D_v + D_{Str0} + D_{Stg} + D_E$$

- mit
- $L_{m(25)}$ Mittelungspegel in Abhängigkeit der maßgeblichen Verkehrsstärke und des Schwerverkehrsanteils, entsprechend der in der VBUS definierten Randbedingungen,
 - D_v Korrekturfaktor in Abhängigkeit der zulässigen Höchstgeschwindigkeit
 - D_{Str0} Korrekturfaktor in Abhängigkeit der Straßenoberfläche
 - D_{Stg} Korrekturfaktor für Steigung / Gefälle
 - D_E Korrekturfaktor für Spiegelschallquellen (Einfachreflexion)

Der Mittelungspegel $L_{m(25)}$ ist:

$$L_{m(25)} = 37,3 + 10 * \lg[M(1+0,082p)]$$

- mit
- M maßgebende stündliche Kfz-Verkehrsstärke,
 - p maßgebender Lkw-Anteil

Aus dem Emissionspegel $L_{m,E}$ des Verkehrsweges wurde im Anschluss der Mittelungspegel $L_{m,i}$ des Straßenteilstücks am Immissionsort berechnet. Dies erfolgte unter Nutzung verschiedener Korrekturfaktoren zur Berücksichtigung des Abstands zwischen Emissions- und Immissionsort und der Luftabsorption, für die Boden- und Meteorologiedämpfung sowie die Pegeländerung durch topographische und städtebauliche Gegebenheiten (Abschirmung, Mehrfachreflexion bei Straßenschluchten).

4.1.2.2 Schienenverkehr

4.1.2.2.1 Verkehrliche Eingangsdaten

Für den Schienenverkehr liegen für das Leipziger Stadtgebiet Daten zu allen Zugfahrten an einem repräsentativen Tag im Jahr 2012 vor. Die Daten wurden von Deutsche Bahn (DB)-Netz zur Verfügung gestellt, als repräsentativer Tag wurde seitens DB-Netz der 19.04.2012 eingeschätzt. Die Daten liegen tabellarisch mit Zeitstempel der Realzeitabfahrten, d.h. unter Berücksichtigung eventueller Verspätungen, für die einzelnen Leipziger Betriebsstellen mit Angabe der Zielrichtung zur nächsten Betriebsstelle vor. Die Daten beinhalten detaillierte Angaben zu:

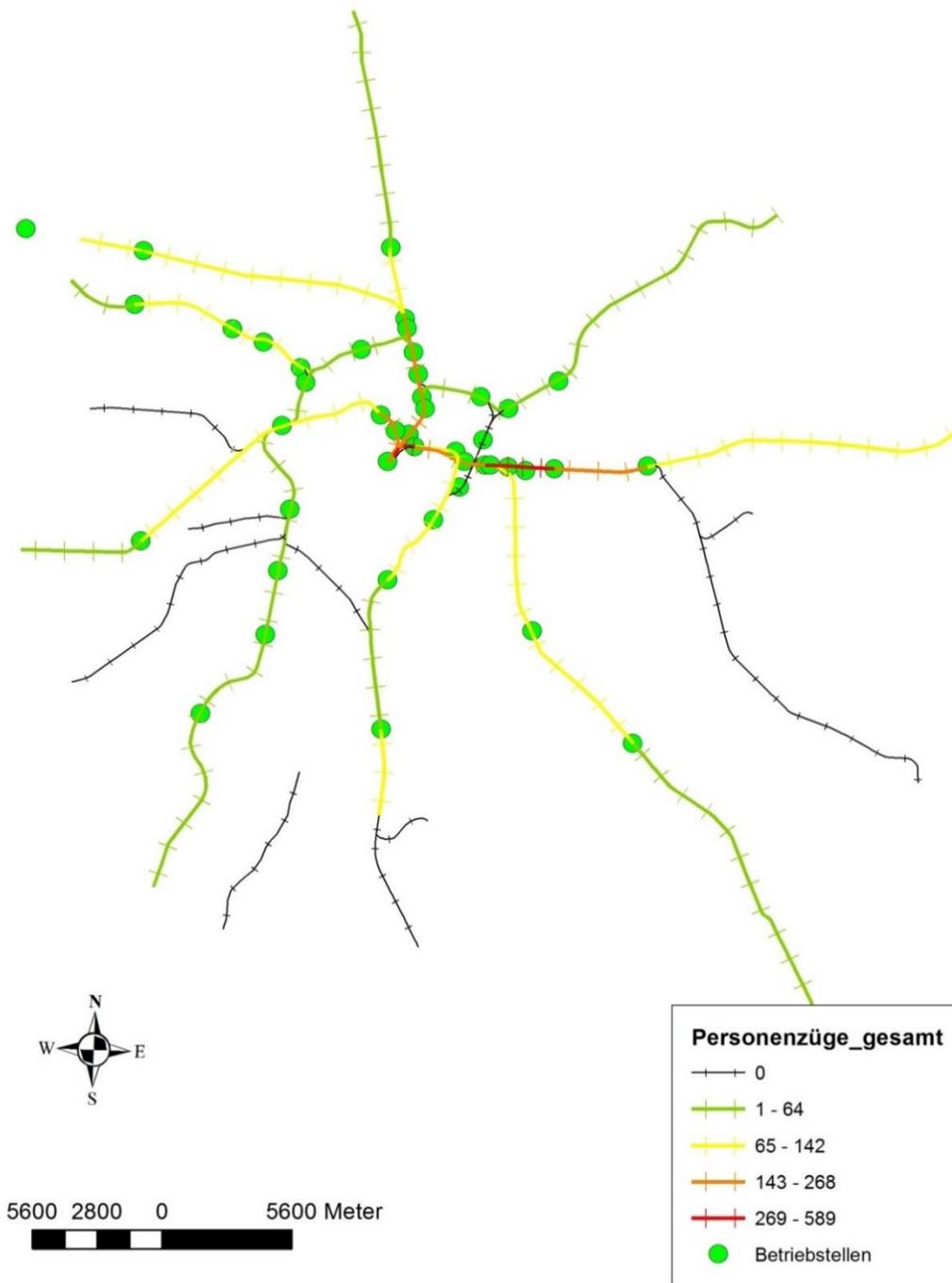
- ▶ Zuggattung,
- ▶ Triebfahrzeug,
- ▶ Gesamtzuglänge und
- ▶ Gesamtzuglast.

Zur Lärmberechnung wurden diese Daten streckenbezogen in das georeferenzierte Schienennetz der Stadt Leipzig übertragen. Grundlage dafür war das digitale Schienennetz des sächsischen Emissionskatalogers. Die Berechnung des Schienenverkehrs erfolgte auf der Grundlage der Berechnungsmethodik nach Schall 03. Darin werden die Schienenfahrzeuge nach den folgenden Fahrzeugarten differenziert:

- ▶ Hochgeschwindigkeitsverkehr (HGV) –Triebkopf,
- ▶ HGV-Mittelwagen,
- ▶ HGV-Triebzug,
- ▶ HGV-Neigezug,
- ▶ E-Triebzug und S-Bahn,
- ▶ Diesel-Triebzug,
- ▶ Elektro-Lok,
- ▶ Diesel-Lok,
- ▶ Reisezugwagen und
- ▶ Güterwagen.

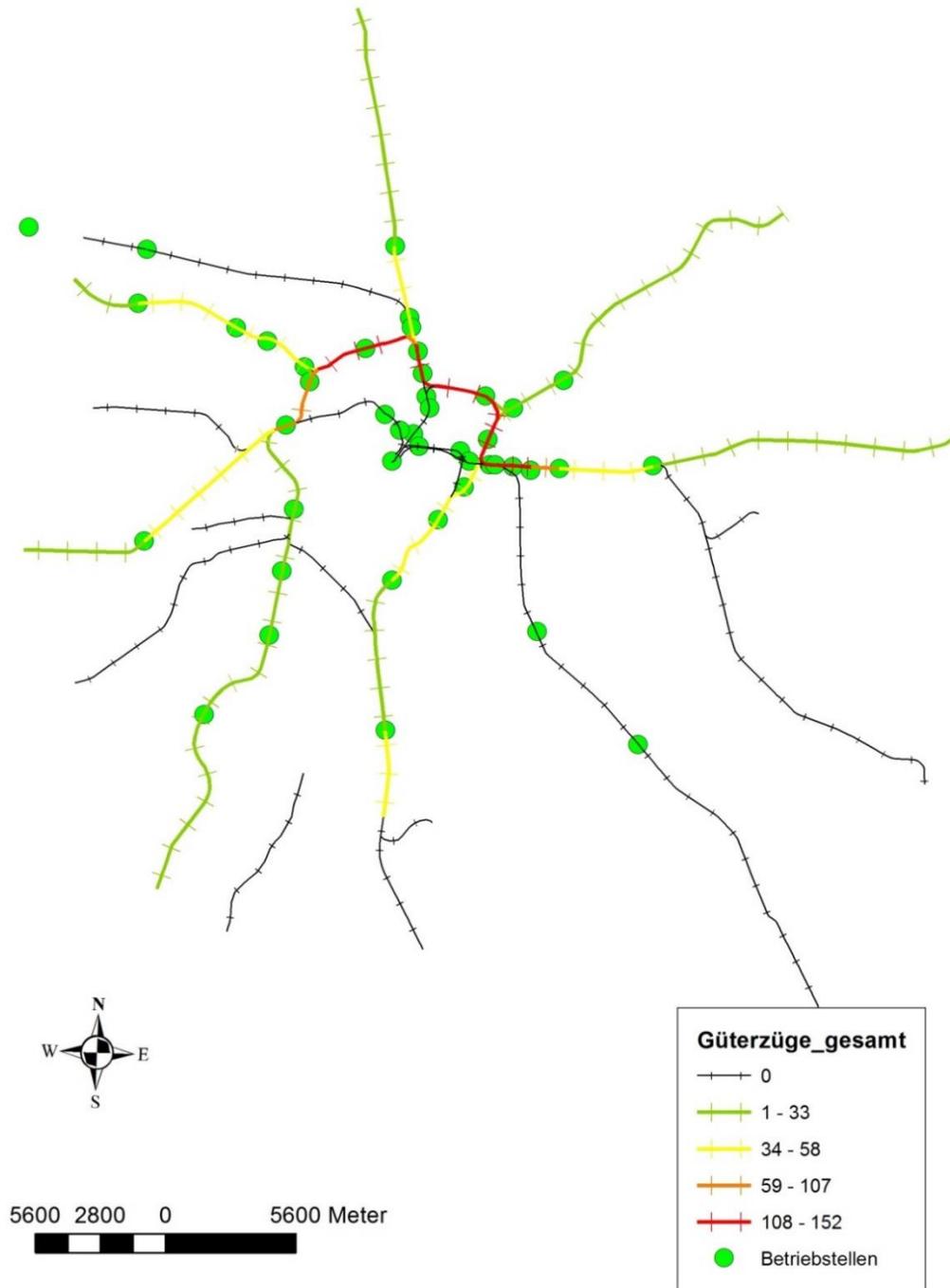
Dementsprechend wurde eine Gliederung der vorliegenden Leipziger Zugbewegungen in die genannten Fahrzeugarten vorgenommen. Entsprechend der Zeitstempel erfolgte eine Einordnung der Zugbewegungen pro Zugart in die betrachteten Zeitbereiche der Tag-, Abend- und Nachtstunden. Die Zugbewegungen am repräsentativen Beispieltag auf dem Leipziger Schienennetz sind getrennt nach Personen- und Güterverkehr in Abbildung 14 und Abbildung 15 dargestellt.

Abbildung 14: Zugbewegungen in Leipzig an einem repräsentativen Beispieltag 2012/ Personenzüge



Quelle: eigene Darstellung, Institut für Verkehrsplanung und Straßenverkehr, Lehrstuhl für Verkehrsökologie, TU Dresden (Datenbasis: DB Netz AG (2019): Übersicht über Zugbewegungen auf dem Leipziger Schienennetz am 19.04.2012 aus dem Leit- und Dispositionssystem, differenziert nach lärmrelevanten Merkmalen, bereitgestellt durch DB Netz)

Abbildung 15: Zugbewegungen an einem repräsentativen Beispieltag in Leipzig 2012/ Güterzüge



Quelle: eigene Darstellung, Institut für Verkehrsplanung und Straßenverkehr, Lehrstuhl für Verkehrsökologie, TU Dresden (Datenbasis: DB Netz AG (2019): Übersicht über Zugbewegungen auf dem Leipziger Schienennetz am 19.04.2012 aus dem Leit- und Dispositionssystem, differenziert nach lärmrelevanten Merkmalen, bereitgestellt durch DB Netz)

4.1.2.2.2 Akustische Berechnungen Schienenverkehr (Grundlagen)

Die Schallimmissionsberechnungen erfolgten gemäß der aktuellen Verkehrslärmschutzverordnung - 16. BImSchV. Die genannte Verordnung enthält in ihrer Anlage 2 das Verfahren zur Berechnung der Beurteilungspegel - Schall 03 (2012), in seiner aktuellen Form veröffentlicht im Bundesgesetzblatt, Jg. 2014, Teil I Nr. 61, S. 2271-2313.

Maßgeblich für die Berechnung der Schallemissionen eines Schienenweges sind:

- ▶ die Verkehrszusammensetzung (Zugzahlen und Zugarten),
- ▶ die Fahrgeschwindigkeit,
- ▶ die Fahrbahnart und der Fahrflächenzustand
- ▶ das Vorhandensein von Haltestellen, Brücken/Viadukten sowie
- ▶ das Auftreten auffälliger Eisenbahngeräusche, z. B. Kurvenfahrgeräusche

Entsprechend der Schall 03 wurde zunächst wurde der längenbezogene Schalleistungspegel für eine Fahrzeugeinheit der Fahrzeugkategorie Fz je Stunde berechnet. Aus der Anzahl der Fahrzeugeinheiten n_{Fz} pro Stunde wurde der längenbezogene Schalleistungspegel $L_{w'}$ (entspricht dem Emissionspegel) ermittelt.

Aus dem längenbezogenen Schalleistungspegel L_w wurde im Anschluss der äquivalenter Dauerschallpegel L_{pAeq} am Immissionsort für den Zeitraum einer vollen Stunde errechnet. Berücksichtigt wurden dabei Korrekturfaktoren für Reflexionen an Schallschutzwänden und Gebäuden, sowie für die Schalldämpfung aufgrund des Abstands zwischen Emissions- und Immissionsort, der Luftabsorption und Bodendämpfung sowie durch Abschirmung. Die Beurteilungspegel am Immissionsort wurden unter Berücksichtigung der Beurteilungszeit aus den äquivalenten Dauerschallpegeln L_{pAeq} gebildet.

4.1.2.3 Straßenbahn

Die lärmrelevanten Eingangsdaten für den Straßenbahnverkehr entstammen ebenfalls der Lärmkartierung und wurden vom Umweltamt der Stadt Leipzig zur Verfügung gestellt. Da im Fall der Straßenbahn keine über die Lärmkartierung der Stadt Leipzig hinausgehenden Modellierungen erforderlich waren, wurden die Emissionspegel L_{mE} der Straßenbahn für die drei Zeitbereiche Tag, Abend und Nacht direkt aus den zur Verfügung gestellten Daten übernommen. Diese wurden im Rahmen der Lärmkartierung 2012 in Leipzig gemäß der vorläufigen Berechnungsmethode für den Umgebungslärm an Schienenwegen (VBUSch) ermittelt. Die Schallimmission am Immissionsort wurde wiederum als äquivalenter Dauerschallpegel L_{pAeq} unter Berücksichtigung entsprechender Korrekturfaktoren für den Abstand zwischen Emissions- und Immissionsort, die Luftabsorption und Boden- und Meteorologiedämpfung, sowie bebauungs- und geländebedingte Schallabschirmungen und Reflexionen bestimmt.

Die VBUSch ist angelehnt an die „Richtlinie zur Berechnung der Schallimmissionen von Schienenwegen – Schall 03“, Ausgabe 1990, wurde jedoch an die Erfordernisse der Anhänge I und II der Richtlinie 2002/49/EG (Umgebungslärmrichtlinie) angepasst.

4.1.2.4 Luftverkehr

Die lärmrelevanten Eingangsdaten für den Luftverkehr wurden vom Sächsischen Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG) zur Verfügung gestellt. Die Eingangsdaten entstammen der Lärmkartierung 2012 für die EU-Umgebungslärmrichtlinie.

Die Berechnung der Immissionspegel des Luftverkehrs erfolgte nach der „Vorläufigen Berechnungsmethode für den Umgebungslärm an Flugplätzen - Anleitung zur Berechnung“ (VBUF-AzB). Grundlage der Berechnung ist ein Datenerfassungssystem (DES) für den jeweiligen Flugplatz, in dem die Flugplatzdaten und Flugrouten sowie Luftfahrzeugklassen und die Anzahl der Flugbewegungen auf den

einzelnen Routen dokumentiert sind. Diese wurde nach VBUF-DES erstellt. Das DES des Flughafen Leipzig/Halle wurde für das Jahr 2011 zur Verfügung gestellt und direkt in das Lärmberechnungsprogramm übernommen.

Das Berechnungsverfahren geht von der Modellvorstellung aus, dass die Lärmindizes in einem beliebigen Punkt in der Umgebung eines Flugplatzes (Immissionsort) aus dem höchsten Schallpegel des Geräusches und der Geräuschkdauer für jeden Vorbeiflug eines Luftfahrzeuges zu ermitteln sind (alte AzB).

Das Modell sieht vor, dass der höchste Schallpegel und die Geräuschkdauer nur von den für das jeweilige Luftfahrzeug charakteristischen flug- und schalltechnischen Daten sowie von der Entfernung, dem Höhenwinkel und der Bogenlänge abhängen.

4.1.2.5 Berechnung der akustischen Kenngrößen

Die schalltechnischen Berechnungen erfolgten prinzipiell als Einzelpunktberechnungen an den Gebäudedefassaden.

Dafür wurde das Berechnungsprogramm „SOUNDPLAN“ in der Version 8.1. genutzt. Die entsprechenden Rechenvorschriften sind darin normkonform implementiert. Die Fluglärmerechnungen wurden mit dem Berechnungsprogramm „CadnaA“ durchgeführt.

Als maßgeblich für die Expositionsbeurteilung wurde der lauteste Lärmpegel an der Fassade des untersuchten Gebäudes festgelegt. Als Rechenhöhe wurden einheitlich 4 m über Gelände gewählt.

Für alle drei Verkehrsarten:

- ▶ Straßenverkehr,
- ▶ Schienenverkehr (Eisenbahn einschließlich Straßenbahnverkehr) und
- ▶ Luftverkehr

wurden jeweils die mittleren Geräuschpegel für die drei Beurteilungszeiträume:

- ▶ Tag (06:00 - 18:00 Uhr),
- ▶ Abend (18:00 - 22:00 Uhr) und
- ▶ Nacht (22:00 - 06:00 Uhr)

ermittelt:

- ▶ $L_{\text{Day},06-18\text{h}}$
- ▶ $L_{\text{Evening},18-22\text{h}}$
- ▶ $L_{\text{Night},22-06\text{h}}$

Ergänzend erfolgte aus obigen Grundwerten die Berechnung der Mittelungspegel für den gesetzlichen Tagzeitraum (06:00 - 22:00 Uhr) und den 24h-Tag (00:00 - 24:00 Uhr):

- ▶ $L_{\text{Day},06-22\text{h}}$
- ▶ $L_{24\text{h}}$

Alle oben genannten Lärmkennwerte stellen A-bewertete energieäquivalente mittlere Dauerschallpegel über den jeweiligen Mittelungszeitraum dar.

Als weitere akustische Kenngröße wurde aus den Mittelungspegeln unter Berücksichtigung von Lästigkeitsfaktoren für den Abend und die Nacht der Lärmindex L_{DEN} abgeleitet:

$$L_{DEN} = 10 \cdot \lg \frac{1}{24} \left(12 \cdot 10^{\frac{L_{Day}}{10}} + 4 \cdot 10^{\frac{L_{Evening} + 5}{10}} + 8 \cdot 10^{\frac{L_{Night} + 10}{10}} \right)$$

Der L_{DEN} stellt einen gewichteten Tag-Abend-Nacht-Lärmindex über den 24h-Tag dar.

Auch einzelne laute Ereignisse können einen wesentlichen Einfluss auf Lärmbelästigungsempfinden und ggf. auch darüber hinaus schädigende Folgen für die Gesundheit haben. Aus diesem Grund wurde in der vorliegenden Untersuchung die Geräuschbelastung durch Einzelereignisse ermittelt und bewertet.

Dazu wurden die durch einzelne Verkehrsereignisse (z. B. Überflüge von Flugzeugen) an der Bebauung verursachten höchsten A-bewerteten Geräuschpegel

► L_{max}

berechnet.

Da die Ermittlung von Maximalpegeln lediglich für stark schwankende Geräusche, d.h. für Verkehrsarten mit relativ hohen Einzelereignissen sinnvoll ist, wurde die Berechnung der Maximalpegel nur für den Schienenverkehr und Luftverkehr vorgenommen.

Derzeit liegen unterschiedliche Vorschläge zur Berechnung von Maximalpegeln in der Lärmwirkungsforschung vor. Bisher gibt noch keine belastbaren wissenschaftlichen Erkenntnisse darüber, welche Methode die Krankheitsrisiken am besten abbildet. Deswegen wurden im Rahmen des vorliegenden Forschungsvorhabens verschiedene Kennzahlen, die auf einer Pegelhäufigkeit basieren, ermittelt.

Es erfolgte die Berechnung des insbesondere aus dem Fluglärmschutz bekannten NAT-Pegelhäufigkeitskriteriums (NAT - *Number Above Threshold*) und der Aufwachreaktion.

Beim NAT-Kriterium wird die Anzahl der Lärmereignisse N angegeben, die einen bestimmten Schwellenwert $L_{p,Schwelle}$ überschreiten ($NAT(L_{p,Schwelle}) = N$). In der NORAH-Studie wurde in Anlehnung an die im Gesetz zum Schutz gegen Fluglärm beschriebenen Kriterien zur Bestimmung der Nachtschutzzone eines Lärmschutzbereichs der Schwellenwert ermittelt, der N -mal überschritten ist. Diesem Vorgehen wurde in der vorliegenden Studie gefolgt. Der ermittelte NAT-6-Wert ist der Immissionspegel, der 6-mal überschritten ist. Der NAT-1 bezeichnet dabei das lauteste Lärmereignis und ist demnach identisch mit dem L_{Amax} . Es werden die nächtlichen Maximalpegel in der Zeit von 22 bis 6 Uhr betrachtet.

Für das Forschungsprojekt werden für den Luftverkehr die Kennwerte:

- NAT-6 und
- NAT-1 (= $L_{max,22-06}$) berechnet.

Für den Schienenverkehr (Eisenbahn und Straßenbahn) wurde neben der Berechnung der Mittelungspegel ebenfalls die Ermittlung der maximalen Vorbeifahrtpegel am Immissionsort durchgeführt.

Auf Basis der statistischen Ausgabe der Maximalpegel, d. h. wie oft ein bestimmter Pegel durch Zugvorbeifahrten überschritten wird, wurden auch für den Eisenbahnlärm die Kenngrößen:

- NAT-6 (nur Eisenbahn) und
- NAT-1 (= $L_{max,22-06}$)

ermittelt.

Vereinzelte laute Lärmeinzeldereignisse in der Nacht können bei schlafenden Menschen lärminduzierte Aufwachreaktionen hervorrufen. Je höher die Maximalpegel sind, desto höher ist auch die Wahrscheinlichkeit für eine Aufwachreaktion (Müller 2010, Müller 2015). In dieser Studie wird die Aufwachwahrscheinlichkeit für Fluglärm und Eisenbahnverkehrslärm berechnet.

Die Berechnung der Anzahl, der durch den Fluglärm zusätzlich verursachten Aufwachreaktionen erfolgte nach Basner et al (2005). Die Gleichung der mittleren Aufwachwahrscheinlichkeit lautet:

$$P_{AWR} = 1,894 \cdot 10^{-3} \cdot (L_{AS,max})^2 + 4,008 \cdot 10^{-2} \cdot L_{AS,max} - 3,3243$$

mit

P_{AWR} - mittlere Aufwachwahrscheinlichkeit in %

$L_{AS,max}$ - A-bewerteter Maximalpegel mit der Zeitbewertung slow

Aus der Aufsummierung der Aufwachwahrscheinlichkeiten P_{AWR} der einzelnen Fluglärmereignisse ergibt sich eine Gesamtaufwachwahrscheinlichkeit (kumulative Aufwachwahrscheinlichkeit) und die Anzahl der zusätzlichen Aufwachreaktion AWR. Dabei entspricht eine Gesamtaufwachwahrscheinlichkeit von 100 % einer zusätzlichen Aufwachreaktion ($AWR = 1$).

Nach obiger Formel berechnet sich z. B. für einen Maximalpegel von $L_{AS,max} = 60$ dB eine Aufwachwahrscheinlichkeit von P_{AWR} ca. 5,9 %, sodass 17 Lärmereignisse mit diesem Pegel zu einer zusätzlichen Aufwachreaktion führen würden ($AWR = 100$ %). Treten gleichzeitig 17 weitere Fluglärmereignisse mit einem Pegel von $L_{AS,max} = 70$ dB auf, so führt dies zu einer Gesamtaufwachwahrscheinlichkeit von 250 %, was 2,5 zusätzlichen Aufwachreaktionen entspricht.

Auch für den Eisenbahnlärm wurde die Kenngröße der Aufwachreaktionen ermittelt. Das Hessische Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (2017) untersuchte die Anzahl der vorhergesagten Aufwachreaktionen als Grundlage für die Festlegung eines nächtlichen Maximalpegelkriteriums für den Schienenverkehr. Auf Grundlage des Anteils (%) an stark durch Schienenverkehrslärm schlafgestörten Personen (*highly sleep disturbed* – HSD) wurden die zu erwarteten Aufwachreaktionen modelliert. Die Berechnung der Aufwachreaktionen erfolgte auf der Grundlage der Aufwachwahrscheinlichkeit für Güterzüge. Bezogen auf den nächtlichen Vorbeifahrtpegel, die Pegeldifferenz zu dem Hintergrundpegel in der Minute vor dem Lärmereignis (Emergenz), die Dauer der einzelnen Ereignisse und die Häufigkeit der Lärmereignisse wurde die Anzahl der zu erwartenden Aufwachreaktionen pro Nacht abgeschätzt.

Die Gleichung der Aufwachwahrscheinlichkeit AWW für Güterzüge nach dem „Gutachten zur Berücksichtigung eines Maximalpegelkriteriums bei der Beurteilung von Schienenverkehrslärm in der Nacht“ lautet:

$$AWW = 100 \cdot e^{AGZ} / (1 + e^{AGZ}) \cdot 100 - 5,7\%$$

mit

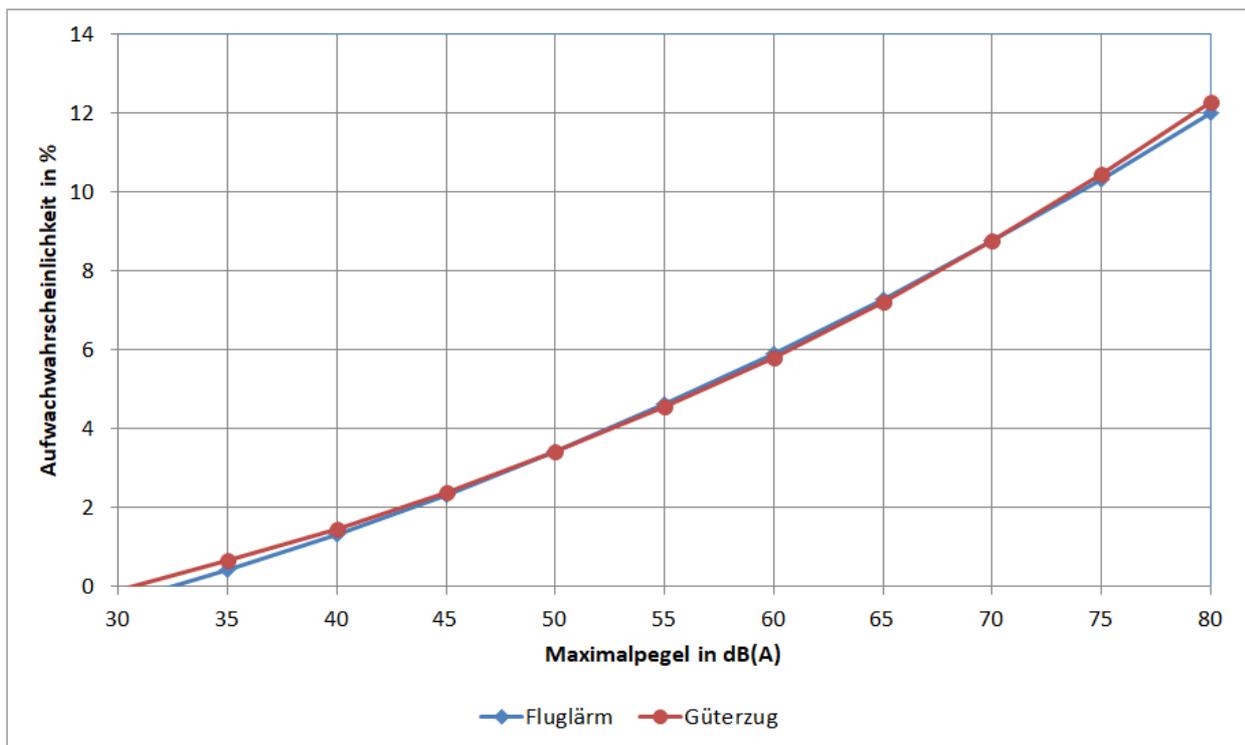
AWW - Aufwachwahrscheinlichkeit in % und

AGZ - als Exponent in der Formel $AGZ = 0,02612 \cdot L_{A,max} - 3,607$

Die aus obigen Formeln berechneten Kurven der Aufwachwahrscheinlichkeit für den Luftverkehr (P_{AWR}) und Güterverkehr (AWW) stimmen im relevanten Pegelbereich trotz unterschiedlicher Kurventypen sehr gut überein.

So ergibt sich für den Güterverkehr beispielsweise bei dem Maximalpegel von $L_{AS,max} = 60$ dB die Aufwachwahrscheinlichkeit AWW von ca. 5,8 %, sodass hier ebenfalls ≈ 17 Lärmereignisse mit diesem Pegel zu einer zusätzlichen Aufwachreaktion führen würden (Abbildung 16).

Abbildung 16: Kurvenverlauf der Aufwachwahrscheinlichkeit für Fluglärm und Eisenbahnverkehrslärm (Güterzug)



Quelle: eigene Darstellung, Institut für Verkehrsplanung und Straßenverkehr, Lehrstuhl für Verkehrsökologie, TU Dresden (auf Grundlage von Basner et al. (2005) und Möhler et al (2018))

Für die Ermittlung der Aufwachreaktionen wie auch des NAT-6-Kriteriums wurde die Maximalpegelstatistik der Einzelereignisse mit einer Klassenbreite von 1 dB, beginnend mit einer Klassenuntergrenze von 20 dB, berechnet.

Zur Berücksichtigung zeitlich kurzer Pegelmaxima, die in der Rechenvorschrift nicht abgebildet werden (z. B. Flachstellen), wurde im Gutachten des Hessischen Ministeriums ein entfernungsabhängiger Pegelzuschlag eingeführt. Dieser Zuschlag beträgt z. B. in einer Entfernung von 10 m zur Bahnstrecke 3 dB und nimmt mit zunehmender Entfernung ab; er beträgt in 100 m Entfernung nur noch 2 dB. In dieser Studie wurde eine Vereinfachung vorgenommen, da der für eine abstandsabhängige Pegelkorrektur notwendige Abstand der Lärmquelle vom Immissionsort vom Rechenprogramm nicht ausgegeben werden kann. Hier erfolgte ein pauschaler Ansatz von 2,5 dB. Für die Pegeldifferenz zwischen dem Maximalpegel außen und innen wurde – in Anlehnung an das Gesetz zum Schutz gegen Fluglärm - eine Pegeldifferenz von 15 dB für das gekippte Fenster angenommen.

Eine Zusammenfassung der berechneten Geräuschkennwerte für die untersuchten Verkehrsarten ist in Tabelle 53 dargestellt.

Tabelle 53: Berechnete akustische Kenngrößen („+“ berechnet, „-“ nicht berechnet)

Verkehrsart	L _{DEN}	L _{Day} 6 - 18 Uhr	L _{Evening} 18 - 22 Uhr	L _{Night} 22 - 6 Uhr	L _D 6 - 22 Uhr	L _{24h} 0 - 24 Uhr	L _{max} = NAT-1	NAT-6	Aufwachreaktion
Straßenverkehr	+	+	+	+	+	+	-	-	-
Schieneverkehr (Eisenbahn)	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Verkehrsart	L_{DEN}	L_{Day} 6 - 18 Uhr	$L_{Evening}$ 18 - 22 Uhr	L_{Night} 22 - 6 Uhr	L_D 6 - 22 Uhr	L_{24h} 0 - 24 Uhr	L_{max} = NAT-1	NAT-6	Aufwachreaktion
Schieneverkehr (Straßenbahn)	+	+	+	+	+	+	-	-	-
Luftverkehr	+	+	+	+	+	+	+	+	+

4.1.2.6 Expositionsdaten für Verkehrslärm

Für die Hauptanalyse wurden folgende Zeitscheiben verwendet (Außenpegel an der lautesten Fassade für das Jahr 2012):

- ▶ L_{DEN} : 00-24 Uhr (gewichteter 24h-Pegel)
- ▶ L_{Night} : 22-06 Uhr
- ▶ NAT-6¹⁵: Maximalpegelwert, der sechsmal überschritten wird
- ▶ NAT-1 (= $L_{max,22-06}$):¹⁶ Maximalpegel in der Zeit von 22 bis 6 Uhr

In einer Sensitivitätsanalyse wurden zusätzlich die Aufwachreaktionen für Fluglärm und Eisenbahnverkehrslärm verwendet. Weiterhin wurde der Einfluss von Eisenbahnverkehrslärm und Straßenbahnverkehrslärm auf die Ergebnisse betrachtet.

4.1.3 Luftschadstoffe

4.1.3.1 Hintergrund

Die Exposition gegenüber Luftschadstoffen kann eine Vielzahl von Krankheitsbildern begünstigen bzw. (mit-)verursachen (Thompson 2018). Insbesondere wurden Luftschadstoffe mit psychischen und kognitiven Erkrankungen in Verbindung gebracht. Zijlema und Kollegen (2016) untersuchten den Zusammenhang zwischen erhöhten Stickstoffdioxid (NO₂)- und Feinstaub-(PM10)-konzentrationen und dem Risiko von depressiven Symptomen mittels vier europäischer Kohortenstudien (KORA (n=5.314), HUNT (n=32.102), LifeLines (n=32.145), FINRISK (n=1.367)). In LifeLines wurden Experteninterviews mit dem *Mini-International Neuropsychiatric Interview* nach DSM-IV durchgeführt. Eine depressive Verstimmung wurde bei KORA-Teilnehmer*innen in einem Interview mit dem 9-Item-Depression-Modul des *Patient Health Questionnaire-9* (PHQ-9) erhoben. Die FINRISK-Studie setzte die *Center for Epidemiological Studies Depression Scale* (CES-D, deutsch: Allgemeine Depressionsskala (ADS)) ein. In HUNT wurde die depressive Verstimmung mit der Subskala für Depression in der *Hospital Anxiety Depression Scale* (HADS) erfasst. Im Ergebnis zeigten sich bei der kohortenspezifischen Auswertung für die beiden größten Studien, LifeLines und HUNT, signifikante Zusammenhänge zwischen der Belastung mit Luftschadstoffen (NO₂ und PM10) und depressiven Symptomen. Dabei wurden lediglich für LifeLines signifikant erhöhte Risikoschätzer beobachtet (Odds Ratio OR =2,89; 95% KI 1,43-5,85). Für HUNT ergaben sich signifikant erniedrigte Risiken. Für HUNT konnte in den statistischen Modellen nicht für Bildung, Haushaltseinkommen und Urbanität adjustiert werden. Somit sind die Ergebnisse nicht klar interpretierbar, weil ein möglicher Zusammenhang durch soziodemografische Faktoren überlagert ist. Kim und Kollegen (2016) nutzten in einer koreanischen Kohortenstudie Abrechnungsdaten der nationalen Krankenversicherung zur Analyse von Depressionsdiagnosen nach ICD-10 im Zu-

¹⁵ Nur für Fluglärm und Eisenbahnverkehrslärm

¹⁶ Nur für Eisenbahnverkehrslärm

sammenhang mit der Feinstaubbelastung (PM_{2.5}). Es fand sich ein Risikoanstieg für eine Depressionsdiagnose von 44% pro 10 µg/m³ (Hazard Ratio HR=1,44; 95% KI 1,17-1,78). In einer spanischen Querschnittsstudie war die selbstberichtete Krankheitsgeschichte für eine Depression mit der Luftschadstoffexposition assoziiert (NO₂: OR=2,00; 95% KI 1,37-2,93; PM₁₀: OR=6,52; 95% KI 1,82-23,35) (Vert et al. 2017). Es fand sich kein signifikanter Zusammenhang für die selbstberichteten Angststörungen (NO₂: OR=1,27 (95% KI 0,91-1,77), PM₁₀: OR=1,33 (95% KI 0,48-3,68). Vert und Kollegen (2017) berichteten zudem von einer Feinstaubexpositions-abhängigen Einnahme von Antidepressiva (NO₂: OR=1,12; 95% KI 0,89-1,40; PM₁₀: OR=1,95; 95% KI 1,00-3,80). Kioumourtzoglou et al. (2017) beobachteten in einer US-Kohorte an Krankenschwestern einen Risikoanstieg für die Einnahme von Antidepressiva von 12% pro 10 µg/m³ PM_{2.5} (HR=1,12; 95% KI 1,00-1,25). Die Forschergruppe um Oudin (2016) untersuchte in einer schwedischen Kohorte auf der Grundlage von Krankenkassendaten den Einfluss von Luftschadstoffbelastung und Medikamenteneinnahme von Kindern und Jugendlichen. Im Ergebnis zeigte sich, dass Kinder und Jugendliche, die in Gebieten mit höherer NO₂-bzw. PM₁₀-Konzentration wohnten, häufiger ein Medikament zur Behandlung einer psychiatrischen Störung bei Follow-up erhielten (NO₂: HR pro 10 µg/m³=1,09; 95% KI 1,06-1,12; PM₁₀: HR=1,04 pro 10 µg/m³; 95% KI 1,00-1,08). Der Zusammenhang zwischen Feinstaubbelastung von psychischen Erkrankungen wird auch in einem aktuellen Review eruiert (Buoli et al. 2018).

Neben den psychischen Erkrankungen können Luftschadstoffe auch die kognitive Funktion beeinflussen und neurodegenerative Erkrankungen hervorrufen (Xu et al. 2016, Dimakakou et al. 2018). In einem systematischen Review zur kognitiven Funktion und psychischen Gesundheit zeigte sich, dass Luftschadstoffexposition mit verschiedenen Maßen der kognitiven Funktion insgesamt, des verbalen und nicht-verbalen Lernens sowie mit dem Gedächtnis, Aktivitäten des täglichen Lebens, depressiven Symptomen, erhöhte Angst und Ärger assoziiert ist (Tzivian et al. 2015). Auf der Grundlage der Heinz Nixdorf Recall Studie konnten Tzivian et al. (2016) insbesondere einen Zusammenhang zwischen Luftschadstoffexposition und der amnestischen (mit Gedächtnisstörung einhergehenden) Form der leichten kognitiven Einschränkung (*Mild cognitive impairment*, MCI) feststellen. Die Risikoschätzer für amnestische MCI waren signifikant erhöht für die NO₂-Exposition (OR=1,13; 95% KI 1,01-1,38) und PM₁₀-Exposition (OR=1,17; 95% KI 1,07-1,35). Für die MCI-Gesamtgruppe und die nicht-amnestischen MCI-Fälle erreichten die Risikoerhöhungen keine statistische Signifikanz. Vermutlich führt die Luftschadstoffexposition zu Gedächtnisminderung durch Veränderungen in der weißen und grauen Substanz sowie in den Basalganglien (de Prado Bert et al. 2018).

Bei der Untersuchung der gesundheitlichen Auswirkungen von Verkehrslärm besteht die Schwierigkeit, die Verkehrslärm-Exposition von anderen Expositionen (z.B. von der Schadstoffbelastung) eindeutig zu trennen. Auf der Grundlage der obigen Ausführungen sind Luftschadstoffbelastungen als eine konkurrierende Exposition (Greenland 2008) zu berücksichtigen. Die Schadstoffbelastung hängt hauptsächlich mit dem Straßenverkehr zusammen. Somit sollte die Auswirkung der Luftschadstoffbelastung auf die Schienen- und Luftverkehrslärm-bedingten Erkrankungsrisiken eher gering sein. Durch die Adjustierung für Luftschadstoffe und für andere „konkurrierende“ oder nicht klar vom Verkehrslärm abzugrenzende Expositionen ist das im Studienplan beschriebene sogenannte „Direkte Effekte“-Modell in der Lage, gewissermaßen den „isolierten“ (anders ausgedrückt: den „direkten“) Verkehrslärm-Effekt abzuschätzen. Allerdings ist davon auszugehen, dass mit dem „Direkte Effekte“-Modell nur ein Teil des Kausaleffektes von Verkehrslärm auf psychische Erkrankungen abgebildet werden kann (nämlich der Teil, der nicht über die ins Modell einbezogenen intermediären Faktoren verläuft). Insofern tendiert das „Direkte Effekte“-Modell zur Unterschätzung des tatsächlichen Kausaleffektes von Verkehrslärm auf psychische Erkrankungen.

4.1.3.2 Luftschadstoff-Berechnungen

Für die Studie wurden vom Amt für Umweltschutz der Stadt Leipzig Immissionsdaten zur Verfügung gestellt, die im Rahmen der Berechnungen zum Leipziger Luftreinhalteplan 2009 auf dem Leipziger Hauptstraßennetz für das Bezugsjahr 2011 unter Berücksichtigung der Leipziger Umweltzonenregelung vorgenommen wurden¹⁷.

Für die Modellierung wurde das im Auftrag des LfULG von der Technischen Universität Dresden und dem Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG entwickelte modular aufgebaute Programmsystem IMMIKART GIS (Lohmeyer (2000)) verwendet. Dieses Programm kombiniert die räumliche Interpolation der Immissionskonzentrationen mit verschiedenen Ausbreitungsmodellen für Flächen und Straßen. Das Programm wird ständig weiterentwickelt, um die Immissionen in Sachsen flächendeckend so realistisch wie möglich abzubilden.

Als Eingangsgrößen wurden folgende Daten verwendet:

- ▶ Messwerte des Immissionsmessnetzes - für die Luftreinhalteplanung auf Grund der jährlichen meteorologischen Schwankungen als Mittelwerte aus den zurückliegenden 5 Jahren (2011 - 2015),
- ▶ Landnutzungs- und Höhenmodell des Freistaates Sachsen,
- ▶ Ausbreitungsklassenstatistiken,
- ▶ Emissionsdaten des sächsischen Emissionskatasters und – für die in einem Abstand von bis zu 30 km an Sachsen grenzenden Gebiete – Daten aus dem europäischen Emissionskataster EURAD sowie des Emissionskatasters des Bundes GRETA,
- ▶ Verkehrszahlen für die Straßenabschnitte als DTV und Schwerverkehr (> 3,5 t),
- ▶ geometrische Informationen zu den Straßenabschnitten wie Länge, Straßenbreite, Straßenrandbebauung, Höhe sowie
- ▶ Verkehrssituationen an den jeweiligen Straßenabschnitten.

Die Ermittlung der Immissionskonzentration im zu untersuchenden Gebiet erfolgt in den nachfolgend beschriebenen Schritten.

4.1.3.2.1 Luftschadstoffberechnungen außerorts

1. Berechnung der Zusatzbelastung in der Fläche

Zunächst wird unter Nutzung des Lagrangeschen Ausbreitungsmodells LASAT¹⁸ (Janicke (2013)) die verkehrsinduzierte Zusatzbelastung in der Fläche (Raster 1 x 1 km) für das gesamte Gebiet des Freistaates Sachsen berechnet. Basis hierfür sind die detailliert im sächsischen Emissionskataster vorliegenden Verkehrsemissionen. Die durch alle sonstigen sächsischen Emittenten induzierte Zusatzbelastung wird mit gleicher räumlicher Skalierung durch einen pro Rasterfläche gewichteten Faktor simuliert. Weiterhin wird die auf sächsisches Gebiet wirkende Zusatzbelastung berechnet, welche durch Emittenten im 30km-Randbereich um Sachsen verursacht wird. Basis hierfür sind die Daten aus EURAD und GRETA.

¹⁷ https://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/download/luft/LRP2009_20091218.pdf, letzter Zugriff am 30.03.2018

¹⁸ LASAT (Lagrange-Simulation von Aerosol-Transport) berechnet die Ausbreitung von Schadstoffen in der Atmosphäre, indem für eine Gruppe repräsentativer Stoffteilchen der Transport und die turbulente Diffusion durch einen Zufallsprozess auf dem Computer simuliert wird (Lagrange-Simulation) [Janicke 2013].

2. Berechnung der Hintergrundbelastung in der Fläche

Mittels eines definierten Verfahrens zur Interpolation der an den sächsischen Hintergrund-Messstationen gewonnenen Messergebnisse wird die regionale Hintergrundbelastung in Sachsen bestimmt. Um auch Messstationen berücksichtigen zu können, die mäßig durch urbane Quellen geprägt sind (kleinstädtische und städtische Hintergrundmessstellen), werden die Messwerte dieser Stationen durch die im Schritt 1 ermittelte Zusatzbelastung reduziert. Die Skalierung entspricht der im Schritt 1 verwendeten Rastergröße. Ergebnis dieser Prozedur ist die sächsische Hintergrundbelastung im Raster 1 km x 1 km ohne den Beitrag sächsischer und im 30 km-Randbereich um Sachsen liegender Emittenten.

3. Berechnung der Gesamtbelastung in der Fläche

Für jedes Rasterfeld werden die im Schritt 2 ermittelten Hintergrundbelastungen mit den im Schritt 1 berechneten Werten der Zusatzbelastung addiert. Das Ergebnis ist die Gesamtbelastung für Sachsen im Raster 1 km x 1 km.

4.1.3.2.2 Luftschadstoffberechnungen innerorts

4. Berechnung der Zusatzbelastung in der Fläche

Für das Leipziger Stadtgebiet und das nähere Umland (Stadt + 5 km-Randbereich) liegen wesentlich detailliertere Verkehrszahlen vor, als diese für den gesamtsächsischen Raum zur Verfügung stehen. Daher werden die Schritte 1 bis 3 für dieses erweiterte Stadtgebiet unter Anwendung des Programms LASAT wiederholt.

5. Berechnung der Zusatzbelastung (Verkehr) in der Fläche

Das luftreinhalteplanungsrelevante Straßennetz der Stadt Leipzig beinhaltet Straßen mit einer Verkehrsbelastung ab 5.000 Kfz pro Tag (teilweise auch darunter). Für dieses Straßennetz wird die verkehrsinduzierte Zusatzbelastung mit dem in IMMIKART GIS (siehe oben) implementierten PROKAS_V3 (Lohmeyer (2012)) in einem 100 m x 100 m Raster ermittelt (Netzeintrag des Straßennetzes). Dabei wird die Straßenrandbebauung nicht berücksichtigt. Die ermittelten Zusatzbelastungen werden anschließend auf das 1 km x 1 km Raster gemittelt. Obwohl die verkehrsbedingte Zusatzbelastung bereits im Schritt 4 ermittelt worden ist, erweist sich dieses Vorgehen als sinnvoll, da mit PROKAS eine genauere Abschätzung des Netzeintrags erzielt wird.

6. Berechnung der Hintergrundbelastung in der Fläche

Zur genauen Ermittlung der urbanen Hintergrundbelastung ohne den Beitrag des Straßenverkehrs wird der im Schritt 5 ermittelte Eintrag des Straßennetzes von der im Schritt 4 berechneten Gesamtbelastung der Rasterflächen subtrahiert. Dies ist erforderlich, da die im Schritt 4 berechnete Gesamtbelastung je Rasterfläche die Verkehrsimmissionen bereits enthält.

7. Berechnung der Zusatzbelastung an Straßen

An etwa 3.700 Straßenabschnitten wird mittels PROKAS_B4 unter Berücksichtigung der Straßenrandbebauung die verkehrsinduzierte Zusatzbelastung für die einzelnen Straßenabschnitte ermittelt.

8. Berechnung der Gesamtbelastung an Straßen

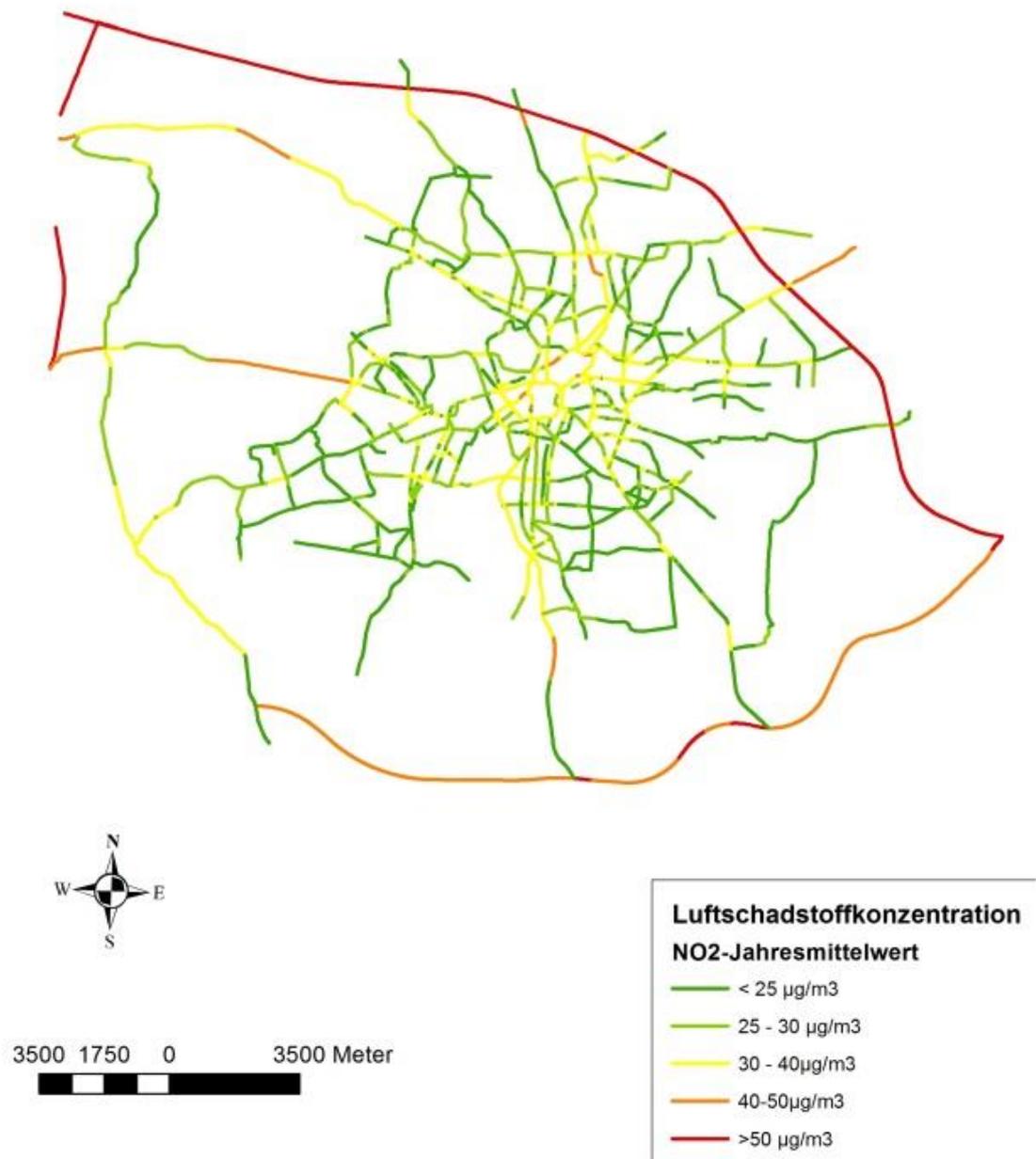
Die in Schritt 6 und 7 ermittelten Werte werden addiert und ergeben die Gesamtbelastung an den im Stadtgebiet betrachteten Straßenabschnitten.

Die Berechnungsergebnisse der Gesamtbelastung an Straßen sind für die Komponenten NO₂ und PM10 in Abbildung 17 Und Abbilung 18 dargestellt.

Für alle übrigen Straßenabschnitte – d.h. für diejenigen Abschnitte, die nicht Teil des Hauptstraßennetzes sind – werden die im Schritt 4 berechneten flächenmäßigen NO₂- und PM10-Hintergrundkonzentrationen angenommen (siehe Abbildung 19 und Abbildung 20).

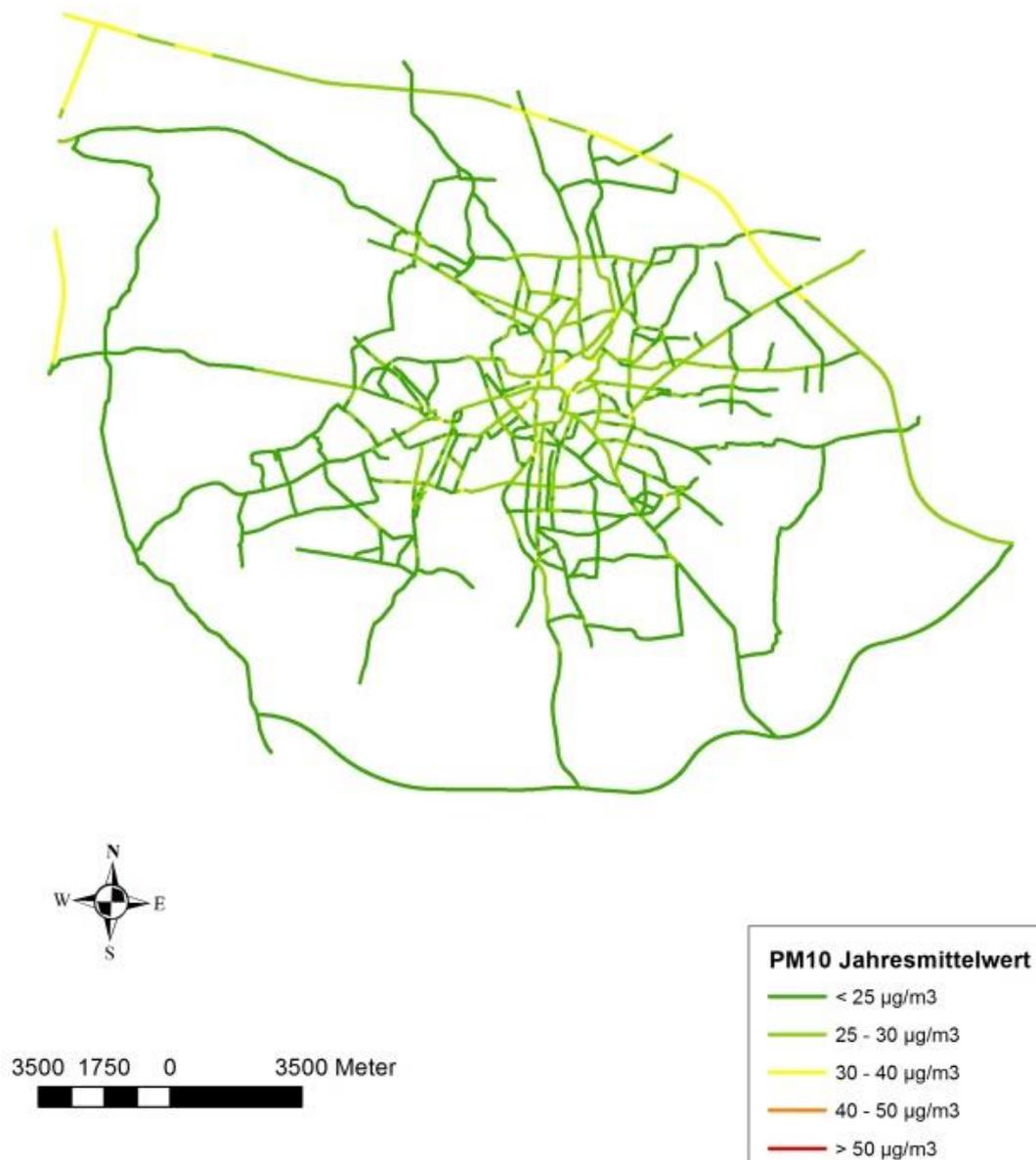
Durch die räumliche Verschneidung des Hauptstraßennetzes mit dem digitalen Gebäudemodell erfolgt eine Zuordnung der Konzentrationswerte zu den Gebäuden der Straßenrandbebauung. In Abbildung 21 ist dies exemplarisch für einen Ausschnitt des Leipziger Hauptstraßennetzes dargestellt. Die Zuordnung der Schadstoffbelastungen zu den übrigen Gebäuden erfolgt über eine räumliche Verschneidung der Rasterflächen mit den Gebäudeflächen.

Abbildung 17: Jahresmittelwerte der NO₂-Konzentration 2011 im Leipziger Hauptstraßennetz



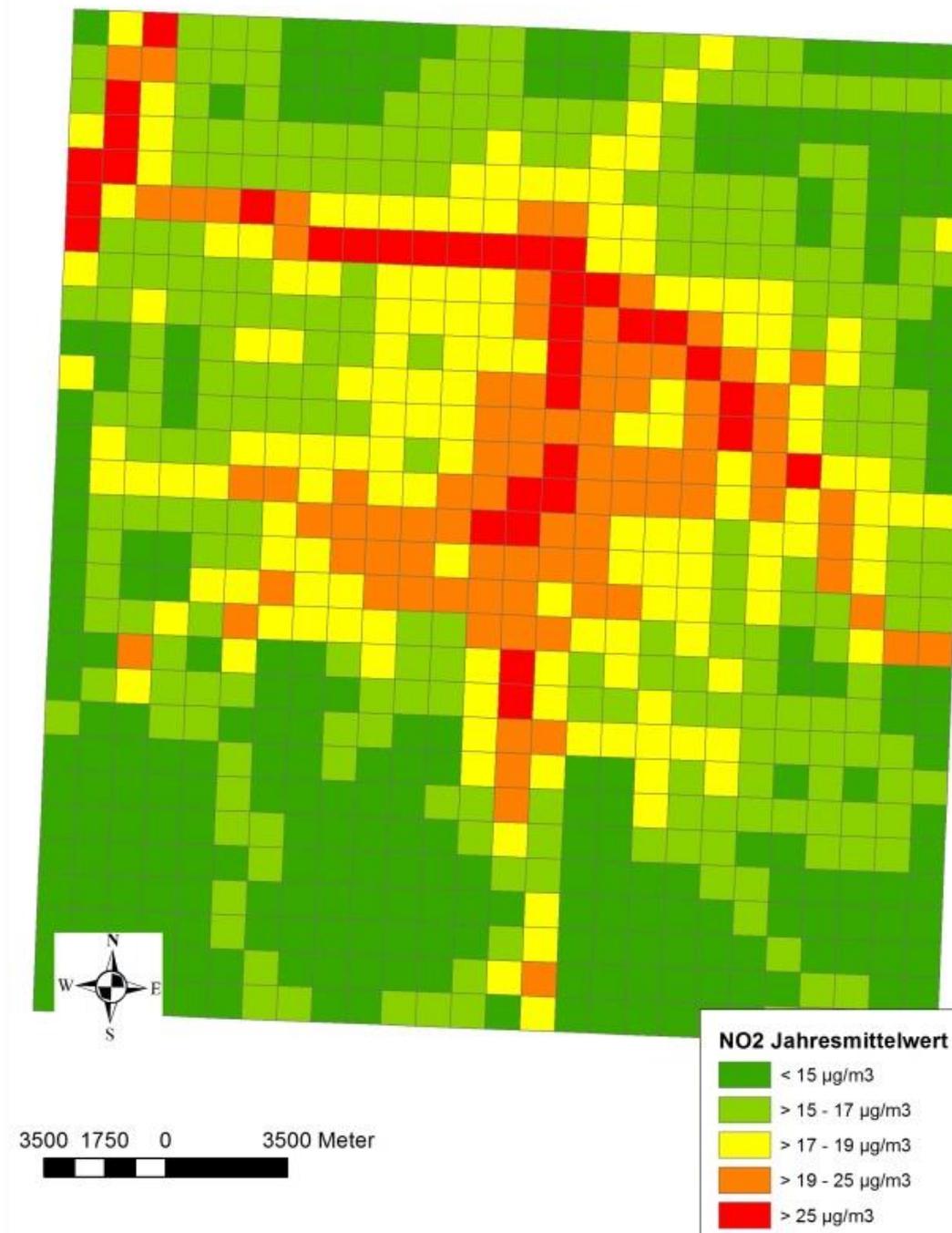
Quelle: eigene Darstellung, Institut für Verkehrsplanung und Straßenverkehr, Lehrstuhl für Verkehrsökologie, TU Dresden (Datenbasis: Stadt Leipzig (2011): Immissionswerte für die Hintergrundbelastung sowie die Zusatzbelastung durch den Straßenverkehr für die Luftschadstoffe NO₂ und PM₁₀ im Bezugsjahr 2011 aus dem Luftreinhalteplan Leipzig 2009, bereitgestellt durch das Amt für Umweltschutz Leipzig)

Abbildung 18: Jahresmittelwerte der PM10-Konzentration 2011 im Leipziger Hauptstraßennetz



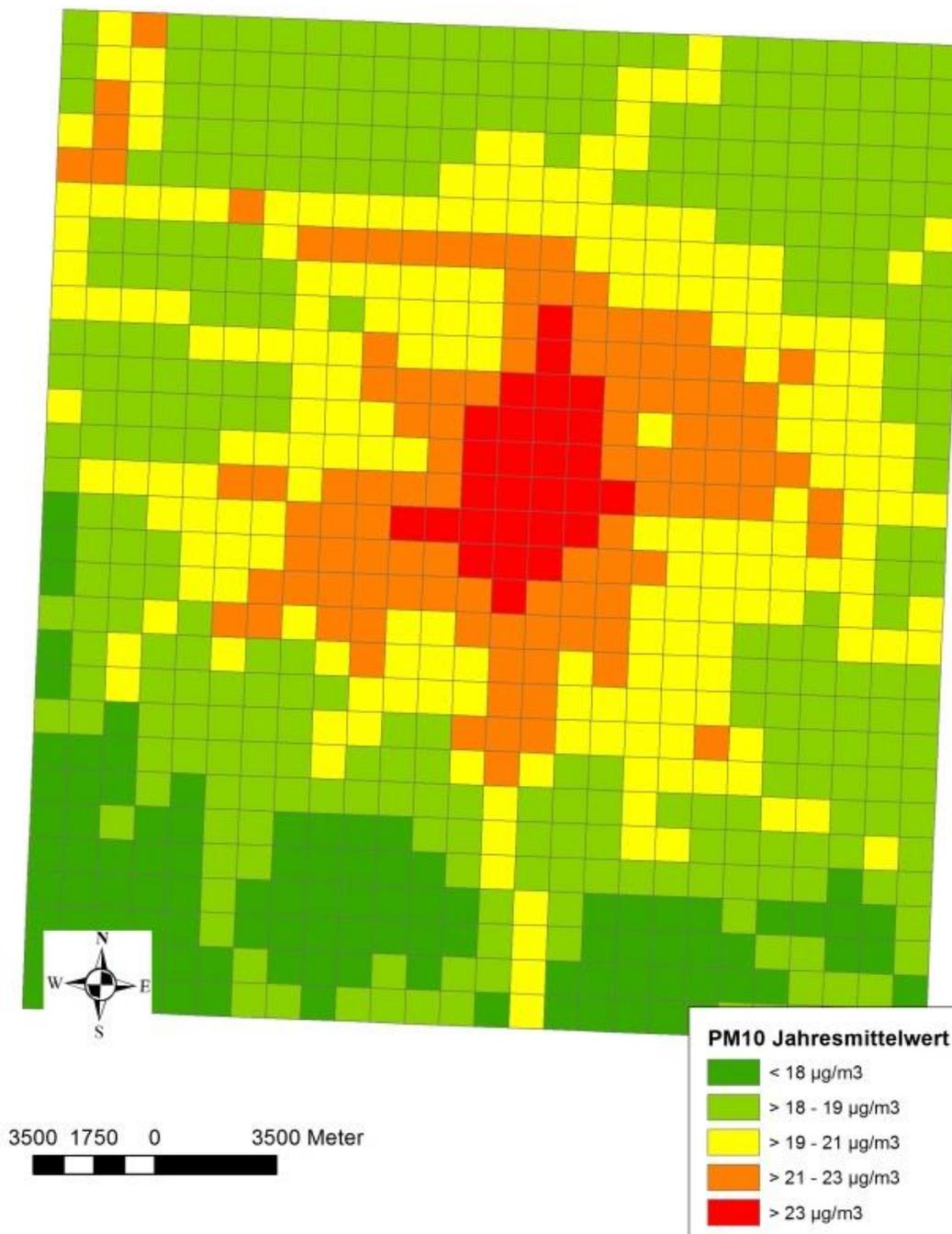
Quelle: eigene Darstellung, Institut für Verkehrsplanung und Straßenverkehr, Lehrstuhl für Verkehrsökologie, TU Dresden (Datenbasis: Stadt Leipzig (2011): Immissionswerte für die Hintergrundbelastung sowie die Zusatzbelastung durch den Straßenverkehr für die Luftschadstoffe NO2 und PM10 im Bezugsjahr 2011 aus dem Luftreinhalteplan Leipzig 2009, bereitgestellt durch das Amt für Umweltschutz Leipzig)

Abbildung 19: Jahresmittelwerte der NO₂-Konzentration 2011 im Leipziger Hintergrund



Quelle: eigene Darstellung, Institut für Verkehrsplanung und Straßenverkehr, Lehrstuhl für Verkehrsökologie, TU Dresden (Datenbasis: Stadt Leipzig (2011): Immissionswerte für die Hintergrundbelastung sowie die Zusatzbelastung durch den Straßenverkehr für die Luftschadstoffe NO₂ und PM₁₀ im Bezugsjahr 2011 aus dem Luftreinhalteplan Leipzig 2009, bereitgestellt durch das Amt für Umweltschutz Leipzig)

Abbildung 20: Jahresmittelwerte der PM10-Konzentration 2011 im Leipziger Hintergrund



Quelle: eigene Darstellung, Institut für Verkehrsplanung und Straßenverkehr, Lehrstuhl für Verkehrsökologie, TU Dresden (Datenbasis: Stadt Leipzig (2011): Immissionswerte für die Hintergrundbelastung sowie die Zusatzbelastung durch den Straßenverkehr für die Luftschadstoffe NO₂ und PM₁₀ im Bezugsjahr 2011 aus dem Luftreinhalteplan Leipzig 2009, bereitgestellt durch das Amt für Umweltschutz Leipzig)

Abbildung 21: Jahresmittelwerteder NO₂-Konzentration im leipziger Stadtgebiet (Ausschnitt) mit Lage der Straßenrandbebauung



Quelle: eigene Darstellung, Institut für Verkehrsplanung und Straßenverkehr, Lehrstuhl für Verkehrsökologie, TU Dresden (Datenbasis: Stadt Leipzig (2011): Immissionswerte für die Hintergrundbelastung sowie die Zusatzbelastung durch den Straßenverkehr für die Luftschadstoffe NO₂ und PM₁₀ im Bezugsjahr 2011 aus dem Luftreinhalteplan Leipzig 2009, bereitgestellt durch das Amt für Umweltschutz Leipzig; Stadt Leipzig (2015): 3D-Gebäudemodell der Stadt Leipzig, Datenstand 2015, bereitgestellt durch das Amt für Geoinformation und Bodenordnung)

4.1.4 Verknüpfung der akustischen Daten und Luftschadstoffdaten mit den Adressdaten der LIFE-Kohortenteilnehmenden

4.1.4.1 Zuordnung von Adressdaten zu Gebäuden

Die in Abschnitt 4.1.2 und 4.1.3 beschriebene Modellierung der Lärmimmission sowie die Abschätzung der NO₂- und PM₁₀-Schadstoffkonzentrationen am Wohnstandort erfolgte auf Ebene von Einzelgebäuden. Hierfür wurde vom Amt für Geoinformation und Bodenordnung der Stadt Leipzig ein 3D-Gebäudemodell zur Verfügung gestellt (Datenstand 2015). Das Gebäudemodell bildet die Bebauung und damit den Gebäudebestand der Stadt Leipzig ab, in der Polygon-Shape-Datei liegen neben den gebäudefeinen Daten zur Grundfläche auch ausbreitungsrelevante Angaben zu Gebäudehöhe und Dachform vor. Die Projektion der Daten liegt im Koordinatenreferenzsystem ETRS89 /UTM Zone 33N vor. In diese Projektion wurden auch sämtliche weitere georeferenzierte Eingangsdaten, soweit sie nicht bereits in dieser Projektion vorlagen, transformiert.

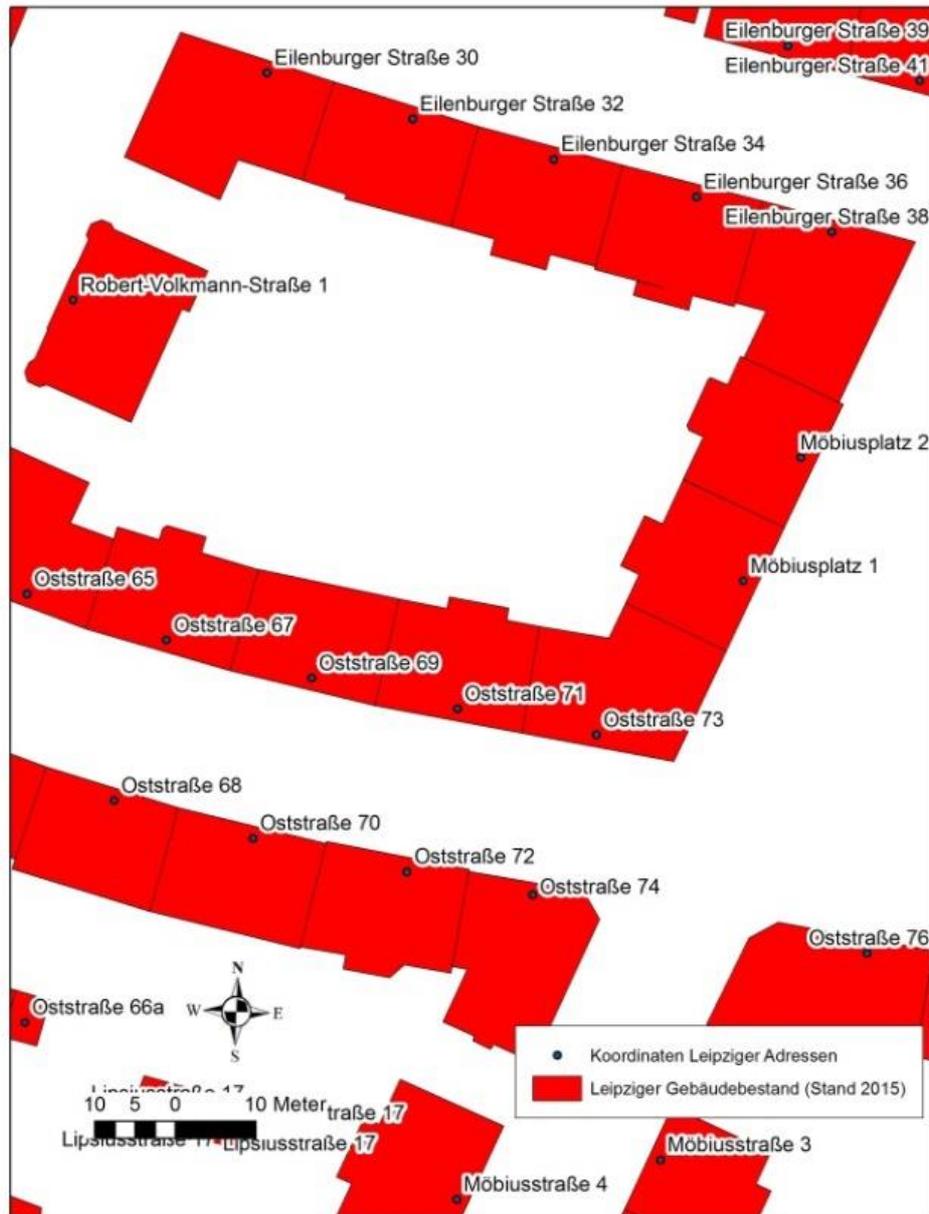
Die Zuordnung der akustischen und luftschadstoffbezogenen Kennwerte zu den LIFE-Probanden erfolgte hingegen auf Basis der von den Probanden angegebenen Wohnadressen. Dies erforderte die Zuordnung von Adressen zum Gebäudemodell der Stadt Leipzig, welches von Haus aus keine (vollständigen) Adressdaten enthält.

In einem ersten Arbeitsschritt wurden deshalb alle Leipziger Adressen den zugehörigen Gebäuden des 3D-Gebäudemodells zugeordnet. Dies erfolgte durch die räumliche Verschneidung des Gebäudepolygon-Shapes mit einer Punkt-Shape-Datei des Amtlichen Liegenschaftskataster-Informationssystems (ALKIS) der Stadt Leipzig, das sämtliche Leipziger Adressen umfasst (Stand 2015). Die verwendete Adressdatei umfasste 142.899 Gebäudeadressen, wovon 1.536 keinem Gebäude zugeordnet waren. Bei diesen Adressen waren entweder die zugehörigen Gebäude noch nicht erfasst (z.B. in jüngerer Zeit fertiggestellte Neubauten) oder sie waren einer Fläche zugeordnet (z.B. Kleingartenvereine).

Die Adressdaten aus ALKIS und die Gebäude des Gebäudemodells weisen prinzipiell eine n:n-Beziehung auf, d.h. es gibt einerseits Gebäude mit mehreren Adressen – z.B. größere Gebäudeblocks mit mehreren Eingängen – und andererseits Adressen, die sich auf mehrere Gebäude beziehen – z.B. Hauptgebäude mit Nebengelassen. Der Standardfall der Verlinkung mit einer 1:1-Beziehung, d.h. ein Gebäude mit genau einer Adresse ist exemplarisch in Abbildung 22 gezeigt. Abbildung 23 zeigt jeweils ein Beispiel für eine n:1-, d.h. mehrere Adressen für ein Gebäude sowie eine 1:n-Beziehung, d.h. eine Adresse mit mehreren Gebäuden.

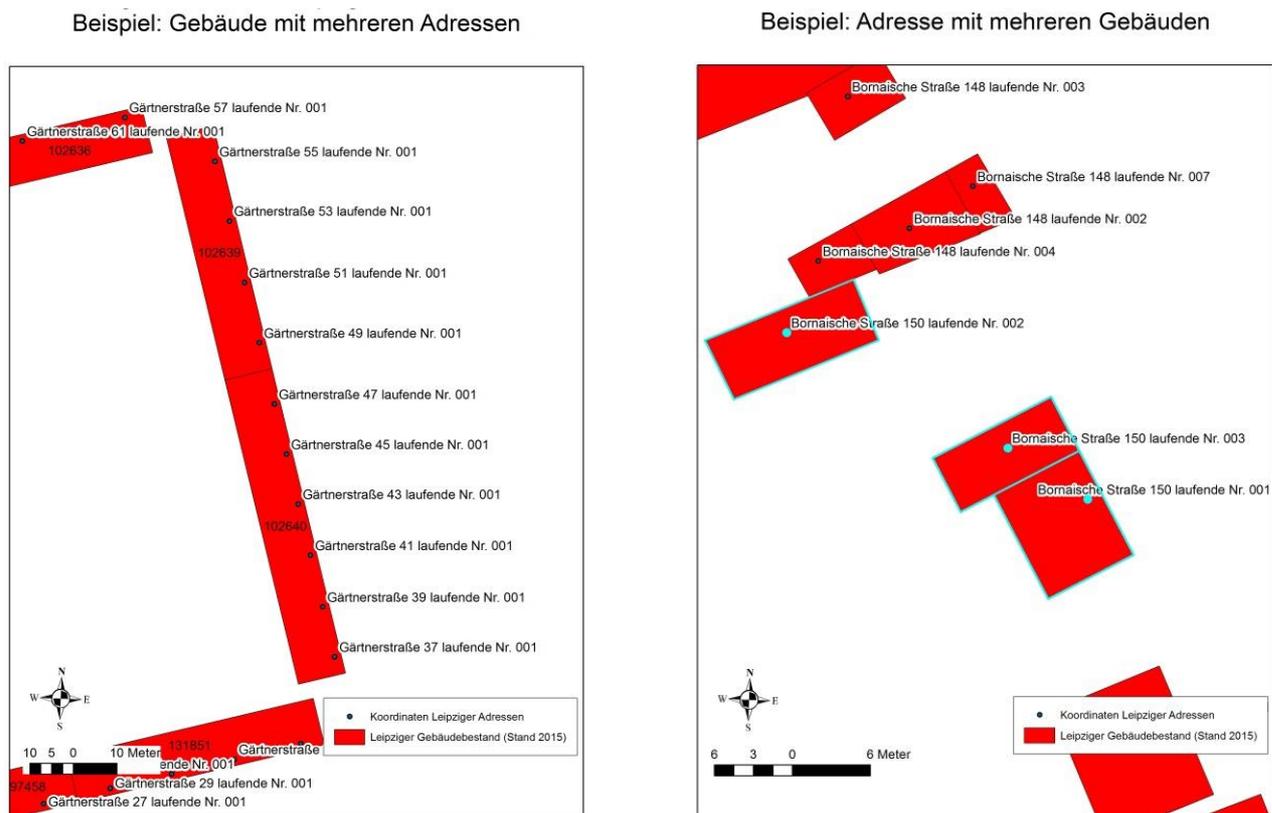
Aufgrund der gebäudefeinen Ermittlung der Lärm- und Luftschadstoffkennwerte wird verschiedenen Adressen im gleichen Gebäude dieselben Kennwerte zugeordnet (n:1). Im Fall, dass sich eine einzelne Adresse auf mehrere Gebäude bezieht, wurden die zugeordneten Gebäude im ALKIS-Datensatz bereits mit einer laufenden Nummer versehen. Dies ermöglicht die Identifizierung des „führenden“ Gebäudes (laufende Nummer 001), welches das eigentliche Haupt- bzw. Wohngebäude darstellt. Der Adresse wurden dann grundsätzlich die für dieses Gebäude mit laufender Nr. 001 ermittelten Lärm- und Luftschadstoffkennwerte zugeordnet.

Abbildung 22: Verlinkung der Adressen mit dem Leipziger Gebäudebestand: Beispiel Standardfall



Quelle: eigene Darstellung, Institut für Verkehrsplanung und Straßenverkehr, Lehrstuhl für Verkehrsökologie, TU Dresden (Datenbasis: Stadt Leipzig (2011): Immissionswerte für die Hintergrundbelastung sowie die Zusatzbelastung durch den Straßenverkehr für die Luftschadstoffe NO₂ und PM₁₀ im Bezugsjahr 2011 aus dem Luftreinhalteplan Leipzig 2009, bereitgestellt durch das Amt für Umweltschutz Leipzig; Stadt Leipzig (2015): Adressdaten aus dem Alkis der Stadt Leipzig, Datenstand 2015, bereitgestellt durch das Amt für Geoinformation und Bodenordnung)

Abbildung 23: Verlinkung der Adressen mit dem Leipziger Gebäudebestand: Beispiel n:1-Beziehung (links), 1:n-Beziehung (rechts)



Quelle: eigene Darstellung, Institut für Verkehrsplanung und Straßenverkehr, Lehrstuhl für Verkehrsökologie, TU Dresden (Datenbasis: Stadt Leipzig (2011): Immissionswerte für die Hintergrundbelastung sowie die Zusatzbelastung durch den Straßenverkehr für die Luftschadstoffe NO₂ und PM₁₀ im Bezugsjahr 2011 aus dem Luftreinhalteplan Leipzig 2009, bereitgestellt durch das Amt für Umweltschutz Leipzig; Stadt Leipzig (2015): Adressdaten aus dem Alkis der Stadt Leipzig, Datenstand 2015, bereitgestellt durch das Amt für Geoinformation und Bodenordnung)

4.1.4.2 Vorgehen Adressverknüpfung und Modellierung der akustischen Kennwerte für die LIFE-Probandenstichprobe

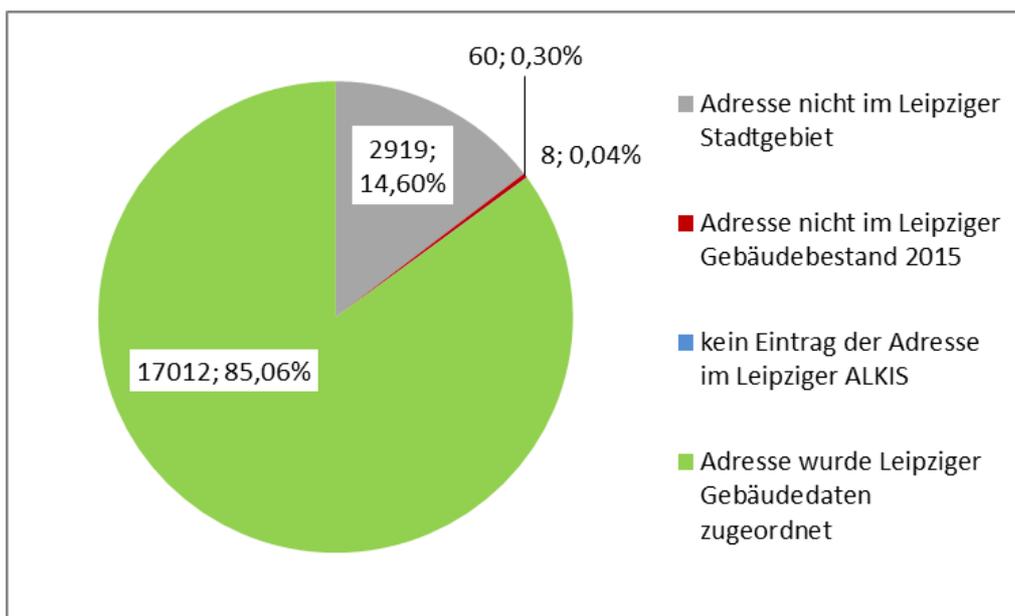
Aus datenschutzrechtlichen Gründen war eine Übermittlung der Adressdaten der etwa 10.000 in die Basiserhebung einbezogenen LIFE-Probanden an die Verkehrsökologie der TU Dresden nicht möglich; denn eine solche Adressübermittlung hätte in einzelnen Fällen – soweit sich an einer Wohnadresse nur ein Einwohner bzw. eine Einwohnerin befunden hätte – eine Identifizierung konkreter LIFE-Studienprobanden ermöglicht. Daher wurde von der Datenmanagement-Stelle der Leipziger LIFE-Kohorte (im Folgenden auch kurz „LIFE-Datenmanagement“ genannt) zunächst ein Datensatz erstellt, der neben den Adressen der etwa 10.000 LIFE-Probanden auch etwa die gleiche Zahl von zusätzlichen Leipziger Adressen („Blindadressen“) enthielt, die in keinem Zusammenhang mit der LIFE-Studie stehen.

Der Ausgangsdatsatz, der die Adressen der ca. 10.000 Probanden sowie weiterer „Blindadressen“ beinhaltete, umfasste insgesamt 19.999 Datensätze. Davon lagen 2.919 Adressen nicht im Leipziger Stadtgebiet und konnten somit nicht dem Leipziger Gebäudebestand zugeordnet werden. Für 60 Adressen war im Leipziger Gebäudeshape (Stand 2015) kein Gebäude vorhanden – diese wurden offenbar erst nach 2015 errichtet. Acht Adressen hatten im Leipziger ALKIS keinen Eintrag und konnten so-

mit ebenfalls nicht zugeordnet werden. Insgesamt konnten 17.012 Adressen den Leipziger Gebäudedaten zugeordnet werden. Diesen 17.012 Adressen konnten seitens der Verkehrsökologie der TU Dresden erfolgreich die oben beschriebenen akustischen Daten und Luftschadstoffdaten zugeordnet werden.

Der um die adressgenauen akustischen Daten und Luftschadstoffdaten ergänzte Ausgangsdatensatz wurde dann von der Verkehrsökologie wieder an das LIFE-Datenmanagement übermittelt. Vom LIFE-Datenmanagement wurde ermittelt, für wie viele der tatsächlichen Adressen von LIFE-Probanden eine Verknüpfung mit akustischen Daten und Luftschadstoffdaten erfolgt war. Im Ergebnis betrug die „Adressabdeckung“ des Ausgangsdatensatzes zunächst 95,5% (Abbildung 24).

Abbildung 24: Ergebnisse der Verlinkung der Leipziger Gebäudedaten mit dem Ausgangsdatensatz (n=19.999 Adressen)



Quelle: eigene Darstellung, Institut für Sozialmedizin, Arbeitsmedizin und Public Health, Universität Leipzig

Anschließend wurden die bis dato nicht zuordenbaren Adressen einer intensiven Prüfung unterzogen, um die bisher nicht zuordenbaren Adressdaten doch noch konkreten Expositionsdaten zuordnen zu können. Dazu wurden die Gründe für eine Nichtzuordnung ermittelt und mit folgenden Maßnahmen beseitigt: Zunächst wurden vorhandene Schreibfehler in den Adressen halbautomatisch korrigiert. Zudem wurde die Aufarbeitung der Adresshistorie verbessert, sodass fehlende Adressen zum passenden Zeitraum verfügbar wurden. In einem dritten Schritt wurden die noch übrigen Adressen manuell einzeln korrigiert. Als Resultat konnten vom LIFE-Datenmanagement die Adresse von 9.963 Probanden auf eine GPS-Koordinate zurückgeführt werden (Adress-Datensatz des Geoportals Sachsens – www.geoportal.sachsen.de). Bei 37 der 10.000 Adressen konnte keine GPS-Koordinate zugeordnet werden. Bei den Adressen, welche dem GPS Datensatz zugeordnet werden konnten, befanden sich ebenfalls 98 Adressen außerhalb des Stadtgebietes. Alle Adressen, die sich außerhalb des Stadtgebiets Leipzig befanden, wurden nicht in die Studie eingeschlossen.

Außerhalb des Stadtgebietes Leipzig lebende Probanden (n=135) sind mit dem Vorgehen bei der Teilnehmerrekrutierung zu erklären. Zu Beginn der LIFE-Studie wurde eine Bevölkerungsstichprobe mit Hauptwohnsitz Stadt Leipzig von der Meldebehörde des Ordnungsamtes Leipzig angefordert. Aus dieser wurden dann verschiedene alters- und geschlechtsstratifizierte Einladungswellen über einen Zeitraum von 3 Jahren gezogen. Zwischen dem Erhalt der Wohnadressen vom Ordnungsamt und dem eigentlichen Besuch in der Studienambulanz ist es vorgekommen, dass einzelne Probanden verzogen

sind (~ 1,35%). Verzugsorte waren im Umland vor allem die an Leipzig angrenzenden Städte Markkleeberg, Schkeuditz und Taucha. Diese verzogenen Probanden wurden aus dem Projekt ausgeschlossen.

Als Ergebnis verbleiben 9.865 Probanden der LIFE-Adult-Studie (98,7% der Ausgangsstichprobe) mit Hauptwohnsitz Leipzig. Damit können für alle im Stadtgebiet Leipzig lebenden LIFE-Kohortenmitglieder akustische und Luftschadstoff-bezogene Expositionen ermittelt werden.

4.2 Erfassung der Outcomes in der LIFE-Studie

Das Leipziger Forschungszentrum für Zivilisationskrankheiten (LIFE) untersucht mittels einer Kohortenstudie „Zivilisationserkrankungen“ wie beispielsweise Depression und Herz-Kreislauf-Erkrankungen. Dafür werden eine Vielzahl von Gesundheitsdaten sowie Daten zu Lebensumständen erfasst (siehe auch Löffler et al. 2015).

Im Folgenden ist die Erfassung von psychischen Erkrankungen in der LIFE-Studie beschrieben.

4.2.1 Depression

Die selbstberichtete depressive Symptomatik wurde in der LIFE-Studie mittels der Allgemeinen Depressionsskala (ADS, Hautzinger et al. 2012), der deutschen Version der international anerkannten CES-D (Center for Epidemiologic Studies Depression Scale, Radloff 1977) erhoben. In der LIFE-Befragung wurde die Langform des Fragebogens eingesetzt. Diese umfasst 20 Fragen zur Häufigkeit von depressiven Symptomen innerhalb der letzten Wochen in verschiedenen Bereichen (Emotion, Motivation, Kognition, Somatik, Motorik). Die Einschätzung erfolgt auf einer vierstufigen Likert-Skala von „selten/überhaupt nicht“ (Wert=0) bis „meistens“ (Wert=3). Die Einzelantworten werden zu einem Gesamtscore aufsummiert. Dieser kann maximal 60 Punkte betragen. Hohe Werte weisen auf starke Beeinträchtigungen durch depressive Symptome hin. Für die Ergebnisinterpretation liegen Normwerte und klinische Grenzwerte vor. Ein Wert von ≥ 23 Punkten gilt als valider Grenzwert, um eine klinisch relevante depressive Symptomatik zu definieren (Hautzinger et al. 2012, Stein & Lippa 2012).

Dieser Cut-off-Wert wurde auch in der LIFE-Studie angesetzt, um das Vorliegen einer Depression zu definieren. Die Prävalenz aktueller depressiver Symptomatik lag in der Baseline-Erhebung bei 6,4% (Luck et al. 2017). Diese Ergebnisse sind vergleichbar mit denen der DEGS1-Studie zur Gesundheit Erwachsener in Deutschland. Hier lag die 12-Monatsprävalenz bei 6% und die Lebenszeitprävalenz bei 11,6% für die Diagnose einer Depression durch einen Arzt oder Psychotherapeuten bei Erwachsenen zwischen 18-79 Jahren (Busch et al. 2013, Jacobi et al. 2014). In dem Zusatzmodul „Psychische Gesundheit“ der DEGS1-Studie wurde auf der Grundlage standardisierter Interviews (CIDI) eine 12-Monatsprävalenz von 9,8% für jedwede affektive Störung bzw. von 8,2% für eine unipolare Depression und von 6,8% für eine „Major Depression“ beobachtet (Jacobi et al. 2015).

4.2.2 Angststörungen

Um Symptome für eine generalisierte Angststörung festzustellen, wurde in der LIFE-Studie der DAG-7 (Generalized Anxiety Disorder 7, Spitzer et al. 2006) eingesetzt. Dieser validierte Fragebogen wurde im Rahmen des Gesundheitsfragebogens für Patienten (PHQ-D, Löwe et al. 2002) erstellt, um Symptome und Schwere einer möglichen generalisierten Angststörung zu erkennen (Löwe et al. 2008, Kroenke et al. 2007). Der Fragebogen besteht aus sieben Fragen, die auf den diagnostischen Kriterien für eine generalisierte Angststörung basieren. Die selbstberichtete Häufigkeit der Symptomatik bezieht sich auf einen Zeitraum innerhalb der letzten zwei Wochen. Die Einschätzung erfolgt auf einer vierstufigen

Skala von „überhaupt nicht“ (Wert=0) bis „fast jeden Tag“ (Wert=3). Die Punkte werden zu einem Gesamtscore aufsummiert. Dieser beträgt maximal 21 Punkte. Ab einem Summenwert von 10 Punkten ist von einer mittelgradig ausgeprägten Angstsymptomatik auszugehen. Der Grenzwert, um eine klinisch relevante Angstsymptomatik zu definieren, liegt bei einem Summenwert von 10 Punkten. Die Sensitivität liegt bei 89% und die Spezifität bei 82% (Spitzer et al. 2006).

In der LIFE-Studie zeigte sich, dass 5,9% aller Probanden das Cut-off-Kriterium des GAD-7 von 10 Punkten und mehr erfüllten (Hinz et al. 2017). Erhöhte Angst korrelierte dabei bei Frauen stärker als bei Männern mit einer niedrigeren Lebensqualität und einem geringeren sozioökonomischen Status, Müdigkeit und Schlafproblemen, Alkohol- und Zigarettenkonsum.

4.2.3 Demenzerkrankungen

Bei der Baseline-Erhebung fand sich in der Studienpopulation lediglich ein Fall mit einer klinisch diagnostizierten Demenz. Aus diesem Grund wurde der Endpunkt „Demenzerkrankungen“ auf die kognitiven Beeinträchtigungen erweitert. Speziell wurden hier die leichten kognitiven und neurokognitiven Störungen (Mild Cognitive Impairment (MCI)/Mild and Major Neurocognitive Disorder (NCD)) eingeschlossen. Als MCI werden kognitive Beeinträchtigungen bezeichnet, die zwischen dem normalen Altern und einer klinischen Demenz liegen. Zur Diagnostik liegen internationale Kriterien vor (Winblad et al. 2004, Petersen 2004). Die NCD umfasst ein breites Spektrum von milden bis schwereren kognitiven Beeinträchtigungen.

Zur Erfassung der kognitiven Leistung bzw. von kognitiven Beeinträchtigungen wurde in LIFE die CERAD-Plus-Testbatterie (Consortium to Establish a Registry for Alzheimer’s Disease) verwendet (Morris et al. 1988, Morris et al. 1989, Satzger et al. 2001). Die Testbatterie besteht generell aus mehreren Untertests: Verbale Wortflüssigkeit (Tiere); Boston Naming Test (BNT); Mini Mental Status Examination (MMSE); Wortliste Lernen, Abrufen und Wiedererkennen; Figuren abzeichnen und Abrufen; Trail Making Test (TMT) A und B; Phonematische Flüssigkeit (S-Wörter).

Um die kognitive Leistungsfähigkeit zu messen, wurden alle Probanden der LIFE-ADULT-Kohorte gebeten, am Wortflüssigkeitstest Tiere, BNT und dem Trail Making Test teilzunehmen. Diese neuropsychologischen Verfahren wurden bei Probanden der ADULT-Kohorte im Altersbereich 18-79 Jahre erhoben. Der verbale Wortflüssigkeitstest Tiere erfasst die Sprachproduktion, das semantische Gedächtnis und die kognitive Flexibilität. Der Proband nennt hierbei so viele Tiere, wie ihm innerhalb von einer Minute einfallen (Isaacs et al 1973).

Aphasie-Symptome z.B. durch Alzheimer und Demenz wurden bei allen Probanden mit der deutschen Version des BNT erfasst. Der BNT untersucht die Fähigkeit, Objekte zu benennen (Morris et al. 1988, Morris et al. 1989).

Der TMT besteht aus den beiden Subtests A und B. Im A-Test verbinden die Probanden Zahlen in aufsteigender Reihenfolge so schnell wie möglich mit einer Linie. Der zweite Subtest (TMT-B) erfolgt analog zum TMT-A mit Zahlen und Buchstaben in abwechselnder Reihenfolge. Mithilfe des TMT werden Aufmerksamkeit und die kognitive Informationsverarbeitungsgeschwindigkeit beurteilt (Reitan et al. 1992).

Für die MCI und MND standen zudem Werte für die Analyse zur Verfügung, die angeben, ob ein Proband die diagnostischen Kriterien für eine MCI und/oder eine NCD erfüllt. Diese Werte sind für Probanden von 60-79 Jahren verfügbar.

Luck und Kollegen (2018) untersuchten die kognitive Funktion bei LIFE-Probanden zwischen 60 und 79 Jahren. Hier zeigte sich, dass 20,3% der Teilnehmer*innen Symptome einer schwachen NCD (miNCD - mild neurocognitive disorder) aufwiesen. Die miNCD-Prävalenz war etwa gleich stark bei

beiden Geschlechtern vertreten. Es zeigte sich zudem eine hohe Überlappung von 98,6% mit der Diagnose einer MCI (Kappa 0,959).

4.2.4 Lärmbelastigung und Schlafstörungen

In der Follow-up-Erhebung konnte zur Umsetzung des Projektes „Lärm und Psyche“ ein zusätzlicher Fragebogen zur Belästigung durch verschiedene Lärmquellen und zur Wohnsituation mit aufgenommen werden. Der Fragebogen wurde im Rahmen der vertiefenden Befragung der NORAH-Studie zu Krankheitsrisiken entwickelt (Seidler et al. 2016). Hierbei werden die Lage der Wohnung bzw. die Lage einzelner Räume zur Verkehrsquelle sowie die Stellung der Fenster (geschlossen/ geöffnet/ gekippt) erfragt. Des Weiteren werden gemäß der international standardisierten ISO/TS15666:2003. (ISO 2003)-Norm lärmbedingte Störungen beim Einschlafen, Nachtschlaf und Ausschlafen sowie das Belästigungsempfinden durch die einzelnen Verkehrslärmquellen in den letzten 12 Monaten erfragt. Die Antwort erfolgt auf einer fünfstufigen Skala von „überhaupt nicht“ (1) bis „äußert gestört“ (5).

Für die Auswertung des Belästigungsempfindens wurden die Werte nach Fields et al. (2001) pro Lärmquelle kategorisiert. Personen, die „stark“ (4) und „äußert gestört“ (5) auf der Skala angegeben hatten, wurden als „*highly annoyed*“ definiert. Für die Auswertung der lärmbedingten Schlafstörungen wurde ein Mittelwert über die drei Items (Einschlafen, Nachtschlaf und Ausschlafen) gebildet (siehe auch Schreckenberget al. 2016). Personen mit einem Wert von ≥ 4 („stark“ und „äußerst gestört“) wurden als hochgradig schlafgestört definiert („*highly sleep disturbed*“).

Mittels multivariater logistischer Regressionsanalyse wurden Odds Ratios für den Zusammenhang zwischen hoher Belästigung und starker Schlafstörung durch Straßen-, Schienen- und Fluglärm berechnet.

Weiterhin wurden quadratische Funktionen für den Prozentsatz an Hochbelästigten (%HA) und hochgradig schlafgestörten (%HSD) für alle 3 Verkehrslärmquellen (d.h. Straße, Schiene und Flugzeuge) für den L_{DEN} und L_{Night} erstellt. Die erstellten Kurven wurden mit den Ergebnissen der WHO-Reviews von Guski et al. 2017 (für Lärmbelästigung) und Basner et al. 2018 (für Schlafgestörtheit) verglichen. Da in der LIFE-Studie die Fragen zur Belästigung und Schlafgestörtheit auf konkrete Verkehrslärmquellen bezogen waren (d.h. auf Straße, Schiene und Flugzeuge), konnten die Werte für Belästigung und Schlafgestörtheit den entsprechenden Pegeln für Straßenverkehrslärm, Schienenverkehrslärm und Fluglärm zugeordnet werden. Für die Analyse wurden analog zu Guski et al. (2017) und Basner et al. (2018) quadratische Regressionen für einen Lärmpegel von ≥ 40 dB L_{DEN} und L_{Night} durchgeführt. Die verwendeten Formeln finden sich in Kap. 4.3.14 und im Anhang A.3.

Lärmbelastigung und Schlafstörungen wurden zudem als Confounder für die Analyse der Risiken für Depressionen und Angststörungen mit in die Modelle der Sensitivitätsanalysen einbezogen.

4.2.5 Datenaufbereitung

4.2.5.1 Datenhaltung und Dokumentation

Die Datenerhebung, -haltung und -sicherung der LIFE-Daten erfolgte gemäß den Standardvorgehensweisen in der LIFE-Studie. Die Luftschadstoffdaten und akustischen Daten für das Stadtgebiet Leipzig wurden von der Verkehrsökologie der TU Dresden und von CDF Schallschutz modelliert und an das LIFE-Datenmanagement übergeben.

Für die vorliegende Studie wurden die LIFE-Daten mit den akustischen Daten und den Luftschadstoffdaten durch das LIFE-Datenmanagement adressgenau verlinkt und als pseudonymisierter Auswertedatensatz dem IPAS bereitgestellt. Die Pseudonym-Datenbank wurde von LIFE gehalten.

4.2.5.2 Datenbankmanagement und Statistik-Software

Die Datenaufbereitung am IPAS erfolgte mit dem relationalen Datenbankmanagementsystem SQL Server 2008 r2 von IBM. Die statistischen Auswertungen wurden mit den Datenanalyseprogrammen STATA und IBM SPSS Statistics durchgeführt.

4.2.5.3 Lärmdaten

4.2.5.3.1 Kategoriale Einteilung des 24h-Dauerschallpegels

4.2.5.3.1.1 Referenzkategorie

Analog zu den Sekundärdatenanalysen beinhaltete die Referenzkategorie alle Personen mit einem L_{DEN} von unter 40 dB. Bei Analysen mit kontinuierlichen Lärmvariablen wurden alle Werte, die unter 40 dB liegen, auf 35 dB gesetzt (Seidler et al. 2016a, 2017).

4.2.5.3.1.2 Lärmkategorien

Die Lärmkategorisierung erfolgte analog zur Auswertung der Sekundärdaten der NORAH-Studie zu Krankheitsrisiken. Die einzelnen Lärmkategorien sind untergliedert nach Verkehrslärmart in Tabelle 54 dargestellt. Für Schienenverkehrslärm und Fluglärm wurde zudem jeweils eine zusätzliche Kategorie eingefügt. Diese besteht aus Personen, die einem L_{DEN} von weniger als 40 dB und mindestens sechs Überschreitungen des nächtlichen Maximalpegels von 50 dB und mehr ausgesetzt waren (siehe auch Seidler et al. 2016a, 2017).

Tabelle 54: Lärmeinteilung nach Kategorien (5 dB-Klassen) für den L_{DEN}

Straßenverkehrslärm	Schienenverkehrslärm	Fluglärm
$L_{DEN} < 40$ dB	$L_{DEN} < 40$ dB, NAT-6 < 50 dB	$L_{DEN} < 40$ dB, NAT-6 < 50 dB
	$L_{DEN} < 40$ dB, NAT-6 ≥ 50 dB	$L_{DEN} < 40$ dB, NAT-6 ≥ 50 dB
$L_{DEN} \geq 40$ bis < 45 dB	$L_{DEN} \geq 40$ bis < 45 dB	$L_{DEN} \geq 40$ bis < 45 dB
$L_{DEN} \geq 45$ bis < 50 dB	$L_{DEN} \geq 45$ bis < 50 dB	$L_{DEN} \geq 45$ bis < 50 dB
$L_{DEN} \geq 50$ bis < 55 dB	$L_{DEN} \geq 50$ bis < 55 dB	$L_{DEN} \geq 50$ bis < 55 dB
$L_{DEN} \geq 55$ bis < 60 dB	$L_{DEN} \geq 55$ bis < 60 dB	$L_{DEN} \geq 55$ bis < 60 dB
$L_{DEN} \geq 60$ bis < 65 dB	$L_{DEN} \geq 60$ bis < 65 dB	$L_{DEN} \geq 60$
$L_{DEN} \geq 65$ bis < 70 dB	$L_{DEN} \geq 65$ bis < 70 dB	
$L_{DEN} \geq 70$ dB	$L_{DEN} \geq 70$ dB	

4.2.6 Potenzielle Confounder, intermediäre Faktoren, Effektmodifikatoren

Der Einbezug von potenziellen Confoundern, intermediären Faktoren und Effektmodifikatoren auf Grundlage der Directed Acyclic Graph-(DAG)-Modelle ist in Kapitel 3.1.2.6 detailliert beschrieben.

Analog zur NORAH-Sekundärdatenanalyse wurde im Grundmodell für Alter, Geschlecht und sozioökonomischen Status adjustiert. In der Analyse der NORAH-Sekundärdaten erfolgte auch eine Adjustierung für Urbanität. In der vorliegenden Studie wurden nur Bewohner*innen aus dem Stadtgebiet Leipzig eingeschlossen. Somit ist eine zusätzliche Adjustierung für Urbanität nicht notwendig.

Um den unmittelbaren Zusammenhang zwischen Verkehrslärm und Depression bzw. Angststörungen bestmöglich abzubilden, erfolgte im „Direkte-Effekte-Modell“ zusätzlich eine Adjustierung für BMI, Kindheitstrauma/Lebensereignisse, Feinstaub (NO und PM₁₀), berufliche Belastung und körperliche Aktivität (Tabelle 55).

Für die Betrachtung der kognitiven Beeinträchtigungen sah das „Direkte-Effekte-Modell“ eine Erweiterung des Grundmodells auf BMI, relevante Komorbiditäten (d.h. Bluthochdruck, Bypass-OP, Schlaganfall oder Diabetes), Feinstaub (NO und PM₁₀), berufliche Belastung, körperliche Aktivität, soziale Unterstützung, Alkoholkonsum und Rauchen vor.

Tabelle 55: Modelle zum Zusammenhang zwischen Verkehrslärm und den Outcomes

Grundmodell (Gesamteffekt von Verkehrslärm) für Depressionen, Angststörungen und Demenzerkrankungen	„Direkte-Effekte-Modell“ für Depressionen und Angststörungen	„Direkte-Effekte-Modell“ für kognitive Beeinträchtigungen
Alter	Alter	Alter
Geschlecht	Geschlecht	Geschlecht
Sozioökonomischer Status (SES)	Sozioökonomischer Status (SES)	Sozioökonomischer Status (SES)
	Übergewicht (BMI)	Übergewicht (BMI)
	Kindheitstrauma/ Lebensereignisse	Bluthochdruck, Bypass-OP, Schlaganfall, Diabetes
	Feinstaub, NO ₂ / PM ₁₀	Feinstaub, NO ₂ / PM ₁₀
	Körperliche Aktivität	Körperliche Aktivität
	¹⁹	Soziale Unterstützung/ Netzwerk
		Rauchen
	<i>Zusätzlich: Rauchen und Alkoholkonsum²⁰</i>	Alkoholkonsum

4.2.6.1 Effektmodifikatoren

Eine Effektmodifikation liegt dann vor, wenn der Einfluss eines Faktors (Lärm) auf eine Erkrankung (z.B. Depression) durch das Vorliegen eines anderen Faktors (z.B. Geschlecht) modifiziert wird.

In der Studie wurden Alter und Geschlecht als potenzielle Effektmodifikatoren untersucht. Für die Längsschnittanalysen wurden zusätzlich Lärmschutzmaßnahmen als potenzielle Modifikatoren betrachtet.

Dazu wurden Modelle mit Interaktionstermen zwischen den linearen Lärmwerten (L_{DEN} pro 10dB) und den potenziellen Effektmodifikatoren verwendet.

¹⁹ Job Strain“ ist ein bekannter Einflussfaktor auf Depressionen und als potenzieller Confounder diskutabel. Allerdings konnte Job Strain in der LIFE-Studie nicht abgebildet werden.

²⁰ Rauchen und Alkoholkonsum können auch eine Folge von Depression und Angststörungen sein und werden deswegen nur im Längsschnitt betrachtet.

4.2.6.2 Beschreibung einzelner Faktoren des Grundmodells

4.2.6.2.1 Alter

Ebenso wie in der Sekundärdatenauswertung wurde das Alter in 5-Jahres-Kategorien in die multivariaten Regressionsanalysen einbezogen. Es wurde das jeweilige Alter der Probanden zur Baseline-Erhebung verwendet.

Es wurde überprüft, ob eine Effektmodifikation (nur bei Depression insgesamt) durch das Alter vorliegt. Dazu wurden zwei Subgruppen (Median des Alters bei Depressionsdiagnose) getrennt voneinander analysiert und die Verkehrslärm-bezogenen Effektschätzer wurden verglichen.

Wegen des erhöhten Alters bei Eintritt von Demenzerkrankungen wurde keine Prüfung der Effektmodifikation durch das Alter bei Demenzerkrankungen vorgenommen.

4.2.6.2.2 Geschlecht

Es erfolgte eine zusätzliche Analyse für Frauen und Männer getrennt (nur für die Hauptanalyse). Weitere Geschlechtsangaben („drittes Geschlecht“) liegen in der Studie nicht vor.

4.2.6.2.3 Sozioökonomischer Status

In der LIFE-Studie wurden von allen Probanden Daten zur Soziodemographie und -ökonomie erhoben. Auf dieser Grundlage wurde ein Index für den sozioökonomischen Status (SES-Index) nach Lampert et al. (2013) ermittelt. Der Index basiert auf den Dimensionen Bildung (schulische und berufliche Qualifikation), Berufsstatus und Einkommen (Nettoäquivalenzeinkommen). Diese Dimensionen werden zu einem Punktsummenscore zusammengefasst, dem SES-Index. Dieser umfasst 5 Kategorien (Quintile), wobei das Quintil 1 einen niedrigen SES ($\leq 9,2$) und Quintil 5 einen sehr hohen SES ($> 15,3$) ausdrückt. Des Weiteren kann eine Kategorisierung des sozioökonomischen Status anhand der drei Statusgruppen niedrig (SES $\leq 9,2$), mittel (SES $> 9,2$ bis $15,3$) und hoch ($> 15,3$) erfolgen. Diese Kategorisierung wurde für die Berechnungen verwendet.

4.2.6.3 Beschreibung einzelner Faktoren der „Direkte-Effekte-Modelle“

4.2.6.3.1 Body-Mass-Index

Zur Ermittlung des Körpergewichts wurde der Body-Mass-Index (BMI) eingesetzt. Geschlecht und Alter werden bei der Einteilung des BMI generell nicht berücksichtigt. Folgende Kategorien wurden für die Analysen genutzt (RKI 2003):

- ▶ Untergewicht BMI unter 18,5
- ▶ Normalgewicht BMI von 18,5 bis 24,9
- ▶ Übergewicht: BMI von 25 bis 29,9
- ▶ Adipositas Grad I: BMI von 30 bis 34,9
- ▶ Adipositas Grad II: BMI von 35 bis 39,9
- ▶ Adipositas Grad III: BMI von 40 und höher

Bei der Follow-up-Analyse wurden folgende Kategorien genutzt:

- ▶ Normalgewicht: BMI unter 25
- ▶ Übergewicht: BMI von 25 bis 29,9
- ▶ Adipositas: BMI ab 30

4.2.6.3.2 Kindheitstrauma

Kindheitstraumata wurden in der LIFE-Studie mit dem Childhood Trauma Screener (CTS) erhoben. Hierbei handelt es sich um ein Screeninginstrument, welches Misshandlungen retrospektiv in der Kindheit und Jugend erfasst. Der CTS wurde aus der deutschen Version des Childhood Trauma Questionnaire (Bernstein et al. 1997) entwickelt und ist validiert (Grabe et al. 2012, Glaesmer et al. 2013, Klinitzke et al. 2012). Das Screeninginstrument besteht insgesamt aus 5 Items und erfasst mit jeweils einem Item die fünf Dimensionen von Misshandlungen (emotionaler, physischer und sexueller Missbrauch sowie emotionale und physische Vernachlässigung). Der Proband beurteilt die Ausprägung auf einer fünfstufigen Skala von „gar nicht“ (1) bis „sehr häufig“ (5). Der Fragebogen eignet sich für Personen ab 12 Jahren. Für die Auswertung wurde ein Gesamtscore berechnet und in Anlehnung an Häuser et al (2011) kategorisiert. Folgende Schweregradeinteilung wurde vorgenommen: nicht - minimal (5 Punkte), gering - mäßig (6-7 Punkte), mäßig - schwer (8-12 Punkte) und schwer - extrem (13-25 Punkte).

4.2.6.3.3 Luftschadstoffe

In dieser Studie werden NO₂ und PM₁₀ betrachtet. Der Hintergrund und die Generierung der Luftschadstoffdaten sind detailliert in Kapitel 4.1.3 beschrieben. Die Luftschadstoffdaten gingen jeweils als lineare Variable in das Modell ein.

4.2.6.3.4 Körperliche Aktivität

Die selbstberichtete körperliche Aktivität wird in der LIFE-Studie mit dem IPAQ-Fragebogen (International Physical Activity Questionnaire) abgebildet. Der IPAQ ist ein validierter Fragebogen, der international eingesetzt wird (Craig et al. 2003, Helmerhorst et al. 2012). In der LIFE-Studie wird die Kurzversion (IPAQ-SF) verwendet. Die körperliche Aktivität in den letzten 7 Tagen wird durch 7 Items erhoben und in die drei Aktivitätsbereiche Geh-Aktivitäten, moderate körperliche Aktivitäten und intensive körperliche Aktivitäten zusammengefasst. Die Aktivitätsbereiche liegen als metrische Variable (MET-Minuten/pro Woche) vor und können zu einer Gesamtaktivität aufsummiert werden. Die Gesamtaktivität kann in niedrig (1), moderat (2) und hoch (3) kategorisiert werden. Körperliche Aktivität ging als kategoriale Variable in das Modell ein.

4.2.6.3.5 Soziale Unterstützung

Die soziale Unterstützung und der Zugang zu sozialen Netzwerken können mit der Lubben Social Network Scale (LSNS, Lubben et al. 1988) erfasst werden. Dieser Fragebogen umfasst 12 Items und wurde vor allem für die ältere Bevölkerung entwickelt. In der LIFE-Studie wurde das Screeninginstrument LSNS-6, eine Kurzversion aus 6 Items, eingesetzt (Lubben et al. 2006). Die LSNS-6 besteht aus zwei Teilen mit jeweils drei Fragen zur Familie, Verwandtschaft und Freunden. Die Antwortmöglichkeit auf der fünfstufigen Skala erfolgt von keine Verwandte bzw. Freunde (1) bis 9 und mehr Verwandte bzw. Freunde (5). Zur Auswertung kann ein Summenwert berechnet werden, der einen Bereich zwischen 0 und 30 annehmen kann. Dabei gilt, je höher der Summenwert, desto höher ist die soziale Vernetzung. Der Summenwert ging als kategoriale Variable in das Modell ein.

4.2.6.3.6 Anamnese

Für die Auswertung des Zusammenhangs zwischen kognitiven Beeinträchtigungen und Verkehrslärm wurden im „Direkte-Effekte-Modell“ die Risikofaktoren Bluthochdruck, Bypass-OP, Schlaganfall und Diabetes betrachtet.

Von allen LIFE-Probanden wurden bekannte ärztlich diagnostizierte kardiovaskuläre Vorerkrankungen und Diabetes mellitus sowie die Behandlung dieser Erkrankungen standardisiert erhoben.

Bei allen LIFE-Teilnehmer*innen wurde zudem der Ruheblutdruck gemessen. Zudem wurde auch die Einnahme von Blutdrucksenkern in den letzten 7 Tagen erhoben. Schließlich wurde erfragt, ob jemals ärztlicherseits ein Bluthochdruck diagnostiziert wurde. Für die Auswertung wurde gemäß Neuhauser et al. (2013) dann von einem Bluthochdruck ausgegangen, wenn ein mittlerer systolischer Blutdruck von ≥ 140 mmHg oder ein mittlerer diastolischer Blutdruck von ≥ 90 mmHg bestand, wenn ein Bluthochdruck anamnestisch angegeben wurde, oder wenn blutdrucksenkende Medikamente eingenommen wurden.

Bluthochdruck, Bypass-OP, Schlaganfall und Diabetes gingen als binomiale Variablen (ja versus nein) in die Regressionsmodelle ein.

4.2.6.3.7 Rauchen

Von allen LIFE-Probanden wurden die Rauchanamnese sowie die Passivrauch-Anamnese erhoben. Die Rauchgewohnheiten wurden dann anhand der kumulativen Rauchdosis (Berechnung der Packungsjahre) für die Expositionsgruppen von Rauchern (z. B. gegenwärtige Raucher, Ex-Raucher, Gelegenheitsraucher, Nichtraucher, Nie Raucher) bestimmt (Latza et al. 2009, Ramroth et al. 2006). Die ermittelten Packungsjahre der Raucher wurden in Anlehnung an Lee et al. (2011) anschließend für die Analysen kategorisiert:

- ▶ Nieraucher
- ▶ Wenigraucher [0,1-20,0 pack-years]
- ▶ Moderate Raucher [20,1-40,0 pack-years]
- ▶ Vielraucher [$> 40,0$ pack-years]
- ▶ keine Angabe.

Zudem wurde auch der aktuelle Rauchstatus bei der Befragung mit folgenden Kategorien ins Modell einbezogen:

- ▶ Nieraucher
- ▶ Aktivraucher
- ▶ Exraucher
- ▶ keine Angabe.

Wegen der Multikollinearität zwischen aktuellem Rauchverhalten und der kumulativen Rauchexposition (Pack-Years) sollten die beiden Variablen zusätzlich in eine Variable kombiniert werden:

- ▶ Nieraucher
- ▶ Aktive Wenigraucher [0,1-20,0 pack-years]
- ▶ Aktive moderate Raucher [20,1-40,0 pack-years]
- ▶ Aktive Vielraucher [$> 40,0$ pack-years]
- ▶ Ex-rauchende Wenigraucher [0,1-20,0 pack-years]
- ▶ Ex-rauchende moderate Raucher [20,1-40,0 pack-years]
- ▶ Ex-rauchende Vielraucher [$> 40,0$ pack-years]
- ▶ keine Angabe.

Passivrauchen wurde in LIFE wie folgt erhoben:

1. Wie viele Stunden sind Sie pro Woche in Ihrer Wohnung dem Tabakrauch anderer Personen ausgesetzt?
2. Wie viele Stunden sind Sie pro Woche außerhalb Ihrer Wohnung dem Tabakrauch anderer Personen ausgesetzt?

Die GEDA 2014/2015-Studie (Zieher et al. 2018) hat Passivrauch-Exposition von mindestens einer Stunde pro Tag betrachtet. Entsprechend wurde die Passivrauch-Exposition in der vorliegenden Auswertung mit zwei Kategorien (über sieben Stunden pro Woche exponiert vs. nicht exponiert) in den Modellen berücksichtigt.

4.2.6.3.8 Alkoholkonsum

Alkoholkonsum wurde bei allen LIFE- Teilnehmer*innen mit dem FFQ- Ernährungsfragebogen erfasst. Der Fragebogen erfasst die Häufigkeit des Alkoholkonsums in den letzten 12 Monaten sowie den Alkoholmissbrauch in der Vergangenheit. Die Aufnahme von Alkohol wurde mit 6 Items zu den alkoholischen Getränkearten Bier (mit normalem oder höherem Alkoholgehalt), Wein (auch Sekt und Obstwein) und hochprozentige alkoholische Getränke erfragt. Für die Auswertung wurde der Konsum aller alkoholischen Getränkearten pro Tag berechnet und kategorisiert (Lange et al. 2017): kein Alkoholkonsum, kein Risikokonsum ($\leq 10\text{g}$ pro Tag für Frauen und $\leq 20\text{g}$ pro Tag für Männer), Risikokonsum ($> 10\text{g}$ pro Tag für Frauen und $> 20\text{g}$ pro Tag für Männer).

Alkoholkonsum zu Studienbeginn (Basiserhebung) wurde (zusammen mit den Variablen zum Rauchverhalten) als kategoriale Variable in ein zusätzliches „Direkte-Effekte-Modell“ der prospektiven Analyse von Depressionen und Angststörungen einbezogen.

4.2.6.3.9 Lärmschutzmaßnahmen

Die Lärmexposition innerhalb des Wohnhauses wird direkt durch Lärmschutzmaßnahmen an den Wohngebäuden beeinflusst. In der LIFE-Studie wurde als dichotome Variable (ja/ nein) erhoben, ob Lärmschutzmaßnahmen am Wohngebäude durchgeführt wurden. Die Modelle wurden daher für Personen mit und ohne Lärmschutzmaßnahmen am Wohngebäude stratifiziert, um deren Einfluss als Effektmofikator einzuschätzen.

4.2.7 Statistische Auswertung

Alle Auswertungen erfolgten an pseudonymisierten Daten. Das Signifikanzniveau wurde für alle statistischen Tests auf 5% festgelegt und es wurden 95%-Konfidenzintervalle berechnet.

4.2.7.1 Deskriptive Statistik

Im Rahmen der deskriptiven Statistik werden alle relevanten Ziel- und Einflussvariablen dargestellt, und je nach Skalenniveau werden verschiedene Lage- und Streuungsmaße angegeben (z. B. Häufigkeiten, arithmetisches Mittel) und entsprechend visuell (z. B. Tabellen, Histogramme) aufbereitet.

4.2.7.2 Berechnung der Risikoschätzer

4.2.7.2.1 Querschnittsanalyse

Für die Querschnittsanalyse wurden Prävalenz-Odds-Ratios (POR) mittels multivariabler logistischer Regressionsanalysen berechnet. Da die Prävalenz von Depressionen in der Baseline-Erhebung lediglich bei 6,4% (Luck et al. 2017) lag, ist die „Rare Disease Assumption“ als erfüllt anzusehen, und die POR führt nicht zu einer Überschätzung der lärmbedingten Risiken.

Als abhängige Variable gehen die zur ersten Erhebung (2011-2014) aufgenommenen Gesundheitsdaten zur depressiven Symptomatik (CES-D), Angststörungen (GAD-7) und kognitiven Beeinträchtigungen (MCI/NCD) ein. Die Verkehrslärmparameter (Bezugsjahr 2012) fließen als unabhängige Variable ein.

In der Hauptanalyse wurden der L_{DEN} und der nächtliche Mittelungspegel (L_{Night}) separat für Straßenverkehrslärm, Schienenverkehrslärm und Fluglärm betrachtet (Tabelle 56). Die Lärmexposition ging jeweils als kategorisierte Variable (gruppiert in 5 dB-Kategorien) in das Regressionsmodell ein. Ebenfalls im Rahmen der Hauptanalyse wurde die Lärmexposition als kontinuierliche Variable (L_{DEN} pro 10dB) in einem weiteren Regressionsmodell betrachtet. Zusätzlich wurden der NAT-6 für Fluglärm und Eisenbahnverkehrslärm betrachtet und der NAT-1 für Eisenbahnverkehrslärm.

Auf eine Überprüfung der Angemessenheit eines linearen Modells wurde verzichtet, da der nichtlineare Verlauf (im Sinne einer umgekehrten U-Kurve) in der NORAH-Studie zu Krankheitsrisiken wesentlich auf den unbekanntem Sozialstatus bei einer hohen Zahl der Probanden zurückzuführen war; bei Einschränkung der Probanden auf Personen mit bekanntem Sozialstatus flachte sich die U-Kurve deutlich ab. Außerdem hat sich inzwischen in der Literatur das lineare Modell als „Grundmodell“ etabliert. Insofern erscheint es gerechtfertigt, die Modelle zu einem linearen Verlauf zu „zwingen“. Mögliche nichtlineare Verläufe waren allerdings auf der Grundlage der kategorisierten Auswertungen zu erkennen und wurden entsprechend diskutiert.

Als Sensitivitätsanalysen wurden alle vorgenannten Untersuchungen zusätzlich mit der Anzahl von Aufwachreaktionen (nur Fluglärm und Eisenbahnverkehrslärm) durchgeführt. Weiterhin wurden Eisen- und Straßenbahnverkehrslärm getrennt betrachtet.

Tabelle 56: Regressionsmodelle der LIFE-Daten

Outcomes (Zielereignisse)	Analysen
<p>1. Depression (CES-D)</p> <p>2. Angststörungen (GAD-7)</p> <p>3. Kognitive Beeinträchtigung (MCI und NCD)</p> <p>4. Lärmbelästigung (nur Querschnitt nach dem 5-Jahres-Follow-up)</p> <p>5. Schlafstörungen (nur Querschnitt nach dem 5-Jahres-Follow-up)</p>	Hauptanalysen
	<p>L_{DEN} in 5dB Kategorien</p> <p>L_{DEN} kontinuierlich (Pro 10 dB)</p> <p>L_{Night} in 5dB Kategorien</p> <p>L_{Night} kontinuierlich (Pro 10 dB)</p> <p>NAT-6 in 5dB Kategorien (nur Fluglärm und Eisenbahn)</p> <p>NAT-6 kontinuierlich (Pro 10 dB) (nur Fluglärm und Eisenbahn)</p>
	<p>$L_{max,22-06}$ (NAT1) in 5dB Kategorien (nur Eisen- und Straßenbahn)</p> <p>$L_{max,22-06}$ kontinuierlich (Pro 10 dB) (nur Eisen- und Straßenbahn)</p>
	Sensitivitätsanalysen
	<p>Aufwachreaktion Fluglärm und Eisenbahnverkehrslärm (kategorisiert: 0-<1, ≥1-<2, ≥2-<3, ≥ 3)</p> <p>Getrennte Betrachtung von Eisen- und Straßenbahnverkehrslärm</p>
	Stratifizierte Analysen
	<p>Geschlecht</p> <p><i>Alter (Median nur bei Depression insgesamt und bei Personen mit bekanntem individuellem Sozialstatus)</i></p> <p>Nur im Längsschnitt:</p> <p>Lärmschutzmaßnahmen</p> <p>Umzug</p>

Die Regressionsmodelle beziehen die Confoundersets des oben beschriebenen Grundmodells ein. Alle Regressionsmodelle wurden somit für Geschlecht, Alter (5-Jahres-Kategorien), Bildung, Beruf und Sozialstatus adjustiert (außer wenn es die Stratifizierung nicht zulässt).

Für die Untersuchung von potenziellen Effektmotifikatoren (Alter, Geschlecht) wurden Modelle mit Interaktionstermen und stratifizierte Modelle (mit kategorisiertem L_{DEN} bzw. linear pro 10 dB) geschätzt.

4.2.7.2.2 Längsschnittanalyse

Die Ermittlung der Erkrankungsrisiken im Längsschnitt erfolgte durch Berechnung der Inzidenzraten-Ratios (IRR)²¹. Dazu wurden multivariable Poisson-Regressionsanalysen²² (auch „log-linear Modell“ genannt) mit robusten Varianzschätzern durchgeführt, bei denen die neu aufgetretene Depression, Angststörung und kognitive Beeinträchtigung getrennt voneinander als abhängige Variablen und die

²¹ Wegen der begrenzten Anzahl von diskreten Zeiträumen (d.h. Versicherungsquartalen) werden keine Berechnungen von Hazard Ratios aus der Cox-Regression durchgeführt. Die Cox-Regression findet vor allem bei kontinuierlichen Zeiträumen (z.B. Tage) Anwendung. Im Gegensatz dazu eignen sich Poissonmodelle, die die Inzidenzraten-Ratios schätzen, besser für gröbere diskrete Zeiträumen (z.B. Jahre). Die Poisson-Regressionsanalysen setzen die Poisson-Verteilung voraus. Diese gleicht dem Mittelwert der Varianz. Bei sogenannter Überdispersion (Varianz > Mittelwert) wird die Anwendung eines alternativen Modells (z.B. Negative Binomial-Regression) in Erwägung gezogen.

²² Im Falle von Überdispersion werden wir eventuell auf ähnliche Regressionsmodelle ausweichen, z.B. negative binomiale Regression.

Verkehrslärmparameter des Bezugsjahres 2012 als unabhängige Variablen einfließen. Die Anzahl der beobachteten Personenjahre gingen als ‚Offset‘ in die Regressionsmodelle ein.

In der Hauptanalyse wurden der L_{DEN} und der nächtliche Mittelungspegel L_{Night} separat für Straßenverkehrslärm, Schienenverkehrslärm und Fluglärm betrachtet (Tabelle 58). Die Lärmexposition ging jeweils als kategorisierte Variable (gruppiert in 5 dB-Kategorien) in das Regressionsmodell ein. Ebenfalls im Rahmen der Hauptanalyse wurde die Lärmexposition als kontinuierliche Variable (L_{DEN} pro 10dB) in einem weiteren Regressionsmodell betrachtet.

Für die Untersuchung von potenziellen Effektmodifikatoren (d.h. Alter (kontinuierliche Variable), Geschlecht (Frauen/Männer), Lärmschutzmaßnahmen (ja/nein)) wurden stratifizierte Modelle (mit kategorisiertem L_{DEN} bzw. linear pro 10 dB) geschätzt (Modell A).

Weiterhin wurden BMI, Kindheitstraumata (jemals/niemals), Feinstaubbelastung (NO_2 und PM_{10}) sowie körperliche Aktivität im „Direkte-Effekte-Modell“ (Modell B) berücksichtigt.

Rauchen und Alkoholkonsum können durch den psychischen Zustand bedingt sein. Daher wurden Rauchen und Alkoholkonsum zur Baseline nur in den längsschnittlichen Regressionsmodellen berücksichtigt (Modell C). Rauchen ging gruppiert in 5 Kategorien ein: Niemalsrauchender (1), aktiver Rauchender mit ≤ 20 Packungsjahren (2), aktiver Rauchender mit 20-40 Packungsjahren (3), aktiver Rauchender mit ≥ 40 Packungsjahren (4) und Ex-Rauchender/unbekannter Status mit Anzahl der Packungsjahre (5).

In weiteren stratifizierten Modellen wurden der Einfluss von hoher Belästigung und starker Schlafstörung getrennt und kombiniert auf den Zusammenhang zwischen Verkehrslärmexposition und dem Risiko für eine Depression bzw. Angststörung untersucht (Modell D-F).

Da die Datenerhebung der zweiten Befragung vor und während der Coronapandemie stattfand, wurde in Modell G zusätzlich der Einfluss von Einschränkungen aufgrund der Pandemie untersucht.

Als Sensitivitätsanalysen wurden alle vorgenannten Untersuchungen zusätzlich getrennt für Eisenbahnverkehrslärm und Straßenbahnverkehrslärm sowie für den Lärmparameter Aufwachreaktionen (nur Fluglärm und Eisenbahnverkehrslärm) durchgeführt.

Weiterhin wurde in einer Sensitivitätsanalyse Depression und Angststörungen als Outcome zusammen ausgewertet, um mögliche diagnostische Fehlklassifizierungen bei diesen eng benachbarten Krankheitsbildern und Komorbiditäten zu berücksichtigen.

In den Analysen wurden i.d.R. nur Personen eingeschlossen, von denen sowohl für die erste als auch für die zweite Befragung Werte für die entsprechende Zielerkrankung vorlagen. Im Rahmen einer weiteren Sensitivitätsanalyse wurden auch Personen mit fehlenden Werten bei Baseline eingeschlossen.

Mittels multivariater logistischer Regressionsanalyse wurden Odds Ratios für den Zusammenhang zwischen hoher Belästigung und starker Schlafstörung durch Straßen- und Schienenverkehrslärm sowie Fluglärm berechnet. Dieses Modell wurde für Geschlecht, Alter und Sozialstatus adjustiert.

Für die Analyse wurden analog zu Guski et al. (2017) und Basner et al. (2018) multivariate quadratische Regressionen für einen Lärmpegel von ≥ 40 dB L_{DEN} und L_{Night} durchgeführt. Dieses Modell wurde ebenfalls für Geschlecht, Alter und Sozialstatus adjustiert.

Weiterhin wurde das Umzugsverhalten analysiert. Dafür wurde neben dem selbst-berichteten Umzugsverhalten aus dem Fragebogen, akustische Daten verwendet. Die Adressen der Teilnehmenden wurden während der Studie zu verschiedenen Zeitpunkten abgeglichen. Bei einer Adressänderung wurden die entsprechenden akustischen Daten nachberechnet und mit den individuellen Adressdaten durch das LIFE Management-Team verlinkt. Das IPAS erhielt aus Datenschutzgründen nur die anonymisierten Daten ohne Adressen. Somit wurde der Umzug eines Teilnehmenden dadurch definiert, dass

Änderungen in den akustischen Daten im Datensatz vorlagen. Im Gegensatz dazu waren alle Teilnehmenden ohne Änderungen in den Lärmdaten nicht innerhalb des Beobachtungszeitraums umgezogen.

Weiterhin wurde dahingehend unterschieden, ob die Teilnehmenden in ein Gebiet mit geringerer (≤ 3 dB L_{DEN}) oder höherer (≥ 3 dB L_{DEN}) Gesamtverkehrslärmbelastung umgezogen waren, oder ob vergleichbare Belastungen vorlagen (<-3 dB - <3 dB).

Zudem wurde untersucht, ob die Teilnehmenden einer Gesamtverkehrslärmbelastung von <55 dB L_{DEN} oder ≥ 55 dB L_{DEN} ausgesetzt waren. Für die Berechnung der Gesamtlärmbelastung wurde die energetische Addition der verschiedenen Verkehrslärmquellen nach der folgenden Formel verwendet:

$$\text{Äquivalenter Geräuschschallpegel} = 10 \times \log_{10}(10^{\text{Fluglärm}/10} + 10^{\text{Straßenverkehrslärm}/10} + 10^{\text{Schienenverkehrslärm}/10})$$

Die Werte aus dem „lärmbasierten“ Umzug wurden mit den selbst-berichteten Angaben zum Umzug aus dem Fragebogen abgeglichen. In die Analyse wurden nur Personen einbezogen, bei denen der „lärmbasierte Umzug“ mit dem „selbst-berichteten Umzug“ übereinstimmte.

Der Einfluss einer Depression bzw. Angststörung bei Baseline auf das Umzugsverhalten wurde mit einer Poisson-Regressionsanalyse mit robusten Standardfehlern ermittelt. Das Modell wurde für Alter, Geschlecht und Sozialstatus adjustiert.

In Tabelle Tabelle 57 ist eine Übersicht der verwendeten Modelle dargestellt:

Tabelle 57: Verwendete Modelle in der Längsschnittauswertung

Modell	Depressionen	Angststörungen	kognitive Beeinträchtigungen	Hohe Belästigung	Hochgradige Schlafstörungen
Grundmodell (A)	Alter Geschlecht Sozioökonomischer Status (SES)	Alter Geschlecht Sozioökonomischer Status (SES)	Alter Geschlecht Sozioökonomischer Status (SES)	Alter Geschlecht Sozioökonomischer Status (SES)	Alter Geschlecht Sozioökonomischer Status (SES)
„Direkte-Effekte-Modell“ (B)	Modell (A) + Übergewicht (BMI) Feinstaub, NO ₂ /PM ₁₀ körperliche Aktivität	Modell (A) + Übergewicht (BMI) Kindheitstrauma Feinstaub, NO ₂ /PM ₁₀ körperliche Aktivität	Modell (A) + Übergewicht (BMI) Bluthochdruck, Bypass-OP, Schlaganfall, Diabetes Feinstaub, NO ₂ /PM ₁₀ körperliche Aktivität soziale Unterstützung/ Netzwerk Rauchen ³ Alkoholkonsum	-	-
Modell (C)	Modell (B) + Alkohol Rauchen	Modell (B) + Alkohol Rauchen	-	-	-
Modell (D)	Modell (A) + Belästigung	Modell (A) + Belästigung	-	-	-
Modell (E)	Modell (A) + Schlafgestörtheit	Modell (A) + Schlafgestörtheit	-	-	-

Modell	Depressionen	Angststörungen	kognitive Beeinträchtigungen	Hohe Belästigung	Hochgradige Schlafstörungen
Modell (F)	Modell (A) + Belästigung Schlafgestörtheit	Modell (A) + Belästigung Schlafgestörtheit	-	-	-
Modell (G)	Modell (A) + Corona- Maßnahmen (kontinuierliche Variable)	Modell (A) + Coronamaßnahmen (kontinuierliche Variable)	-	-	-
Stratifizierung	Modell (A): <ul style="list-style-type: none"> • Geschlecht • Alter (Dichotomisierung anhand des Medianes des Alters bei Depressionsdiagnose) • Lärmschutzmaßnahmen • Schlafstörungen • Lärmbelästigung Umzug 	Modell (A): <ul style="list-style-type: none"> • Geschlecht • Lärmschutzmaßnahmen • Schlafstörungen • Lärmbelästigung Umzug 	-	-	-

4.2.8 Datenmanagement

4.2.8.1 Fehlende Werte

Fehlende Werte („missings“) der unabhängigen Variablen gingen zunächst jeweils als gesonderte Kategorie in die Modelle ein. So wird eine Selektionsverzerrung (durch den Ausschluss von Probanden mit fehlenden Werten für einzelne Variablen) vermieden, und die Power der Studie wird nicht gefährdet.

4.2.8.2 Ausreißer

Alle Daten werden vom LIFE-Studententeam plausibilitätsgeprüft. Die Datenkontrolle erfolgte in zwei Schritten. Im ersten Schritt erfolgte die technische Datenkontrolle durch das Datenmanagement. Im zweiten Schritt erfolgte die epidemiologische Datenkontrolle durch den/die für die Erhebung verantwortlichen Personen. Die genauen Prozeduren sind in einer SOP geregelt.

4.2.8.3 Datenschutz

Der Schutz vor unbefugtem Zugriff und Datenverlust war durch ein Sicherheitskonzept gewährleistet. Es wurde dafür Sorge getragen, dass die Bestimmungen des Datenschutzgesetzes eingehalten werden. Nur Mitarbeitende der Studie konnten auf die Daten zugreifen und waren über Inhalte, Reichweite und Möglichkeiten der gesetzlichen Bestimmungen informiert und zur Verschwiegenheit verpflichtet.

4.2.8.4 Datenaufbewahrungsfristen

Gemäß GEP (2018) wurden alle den Ergebnissen zugrundeliegende Daten in vollständig reproduzierbarer Form für die Dauer von 10 Jahren aufbewahrt.

4.2.8.5 Qualitätskontrolle und Qualitätssicherung

Zur Gewährleistung und Sicherstellung der Qualitätssicherung der Datenauswertung wurden fortlaufende Plausibilitätsprüfungen sowie stichprobenartige Doppelauswertungen durchgeführt.

Alle Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen wurden ausführlich geschult und waren qualifiziert zur Ausführung der an sie herangetragenen Aufgaben.

Die interne Qualitätssicherung wurde durch das Leibniz-Institut für Präventionsforschung und Epidemiologie -BIPS GmbH sichergestellt. Inhalte der internen Qualitätssicherung waren vertraglich geregelt. Die Abstimmung der Outcome-Definitionen und der zu berücksichtigenden Confounder erfolgte zusammen mit dem Institut für Sozialmedizin, Arbeitsmedizin und Public Health, Universität Leipzig.

4.3 Ergebnisse

4.3.1 Beschreibung der Stichprobe

4.3.1.1 Depression

In der ersten Erhebungswelle wurde eine alters- und geschlechtsstratifizierte Zufallsstichprobe von Personen im Alter von 40-79 Jahren (bzw. 18-40 Jahren) gezogen. Von den insgesamt 10.000 LIFE-Teilnehmenden waren vollständige Daten zur Berechnung eines Summenwertes der Allgemeinen Depressionsskala (CES-D) von 8868 Personen (88,7%) vorhanden. Davon war bei 565 Personen (6,4%) eine klinisch relevante Depressionssymptomatik zu beobachten.

Während bei Personen mit unauffälligen CES-D-Werten ein ausgeglichenes Geschlechterverhältnis vorherrschte, waren mehr als 72% der Teilnehmenden mit einer Depressionssymptomatik Frauen.

Weiterhin zeigte sich in der Altersstruktur der Stichprobe mit unauffälligen CES-D-Werten eine weitgehend gleichmäßige Verteilung zwischen 40 und 74 Jahren (bzw. zwischen 18 und 40 Jahren). Hingegen waren Personen mit Depressionssymptomatik häufiger zwischen 40-49 Jahre bzw. 55-59 Jahre alt. Mit zunehmendem Alter (ab 65 Jahre) waren die Altersklassen bei depressiven Teilnehmer*innen geringer besetzt als bei Personen mit unauffälligen CES-D-Werten.

Die meisten Teilnehmenden der LIFE-Studie wiesen einen mittleren sozioökonomischen Status (nach Lampert et al. 2013) auf. Ein Drittel der Personen (31,3%) mit einer depressiven Symptomatik wiesen einen niedrigen sozioökonomischen Status auf. Bei Personen mit unauffälligen Werten waren es lediglich 17,6%. Weiterhin wiesen 21,5% der Personen ohne klinisch auffällige Werte gegenüber 12,9% der Personen mit Depression einen hohen sozioökonomischen Status auf.

Die meisten LIFE-Teilnehmenden waren normalgewichtig bis leicht übergewichtig. Personen mit einer Depression waren häufiger untergewichtig (1,1% versus 0,5%) bzw. stark übergewichtig (Adipositas Grad II: 6,9% versus 4,8% und Adipositas Grad III: 4,1% versus 1,9%) verglichen mit Personen ohne Depression.

Der Rauchstatus wurde zusammen mit der kumulativen Tabakrauchexposition – abgebildet als Packungsjahre (Packungsjahre [PJ], englisch „Pack-Years“ [PY])²³ – betrachtet. Etwa die Hälfte der LIFE-Teilnehmenden gab an, nie geraucht zu haben. Der Anteil der Nierauchenden war etwas höher

²³ 1 Packungsjahr = 20 Zigaretten („1 Packung“) pro Tag über ein Jahr konsumiert.

(47,9%) bei Personen mit unauffälligen CES-D-Werten als bei Personen mit CES-D-Werten ≥ 23 (41,6%). Personen mit depressiver Symptomatik waren ebenso stärker unter den aktiven „Vielrauchenden“ (mit einem Tabakkonsum von lebenslang mehr als 40 Packungsjahren) vertreten.

Traumatische Ereignisse in der Kindheit stellen einen wichtigen Risikofaktor für Depressionen im erwachsenen Alter dar. Emotionale und körperliche Misshandlung, sexueller Missbrauch und emotionale Vernachlässigung waren bei Teilnehmenden mit depressiver Symptomatik um das Dreifache höher als bei Personen mit unauffälligen CES-D-Werte (Tabelle 58). Bei Personen ohne Depression lag der Anteil berichteter Traumata zwischen 6,0% (sexueller Missbrauch) und 8,9% (emotionale Vernachlässigung). Bei Personen mit Depression lagen die Anteile zwischen 18,6% (sexueller Missbrauch) und 25,8% (emotionale Misshandlung). Körperliche Vernachlässigung in der Kindheit berichteten 18,7% der LIFE-Teilnehmenden ohne Depression und 24,3% mit Depression. Für die vorliegend durchgeführten Regressionsanalysen wurden die CTS-Summenwerte in Quartile eingeteilt.

Tabelle 58: Charakterisierung der Stichprobe (Depression)

		Keine Depression (CES-D <23)		Depression (CES-D ≥ 23)	
		n	%	n	%
Insgesamt		8303	100	565	100
Geschlecht					
	Männer	4155	50,0	156	27,6
	Frauen	4148	50,0	409	72,4
Alter (Jahre)					
	18-24	90	1,1	8	1,4
	25-29	139	1,7	7	1,2
	30-34	103	1,2	9	1,6
	35-39	132	1,6	7	1,2
	40-44	1105	13,3	91	16,1
	45-49	1198	14,4	106	18,8
	50-54	1012	12,2	66	11,7
	55-59	922	11,1	91	16,1
	60-64	1048	12,6	73	12,9
	65-69	1018	12,3	39	6,9
	70-74	1064	12,8	47	8,3
	75-80	472	5,7	21	3,7
Sozioökonomischer Status					
	Niedrig	1461	17,6	177	31,3
	Mittel	5034	60,6	312	55,2
	Hoch	1785	21,5	73	12,9
	<i>Fehlende Angabe</i>	23	0,3	3	0,5
BMI					
	unter 18,5	43	0,5	6	1,1
	18,5-24,9	2892	34,8	189	33,5
	25-29,9	3361	40,5	206	36,5
	30-34,9	1433	17,3	98	17,3
	35-39,9	401	4,8	39	6,9
	40+	157	1,9	23	4,1
	<i>Fehlende Angabe</i>	16	0,2	4	0,7

		Keine Depression (CES-D <23)		Depression (CES-D ≥23)	
Körperliche Aktivität					
	Niedrig	855	10,3	94	16,6
	Mittel	2019	24,3	137	24,2
	Hoch	4281	51,6	232	41,1
	<i>Fehlende Angabe</i>	<i>1148</i>	<i>13,8</i>	<i>102</i>	<i>18,1</i>
Rauchen					
	Nierauchende	3980	47,9	235	41,6
	Aktiv, ≤ 20 PJ ¹	1731	20,8	82	14,5
	Aktiv, > 20-40 PJ ¹	377	4,5	28	5,0
	Aktiv, > 40 PJ ¹	257	3,1	24	4,2
	Ex-Rauchende, ≤ 20 PJ ¹	1024	12,3	99	17,5
	Ex-Rauchende, >20-40,0 PJ	1497	6,0	43	7,6
	Ex-Rauchende, > 40,0 PJ ¹	433	5,2	54	9,6
	<i>Fehlende Angaben</i>	<i>4</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
Passivrauch					
	Bis zu 7 Stunden/Woche	7156	86,2	446	78,9
	Über 7 Stunden/Woche	325	3,9	33	5,8
	<i>Fehlende Angaben</i>	<i>822</i>	<i>9,9</i>	<i>86</i>	<i>15,2</i>
Traumatische Kindheitsereignisse²					
	Emotionale Misshandlung	678	8,2	146	25,8
	Körperliche Misshandlung	676	8,1	117	20,7
	Sexueller Missbrauch	498	6,0	105	18,6
	Emotionale Vernachlässigung	738	8,9	127	22,5
	Körperliche Vernachlässigung	1554	18,7	137	24,3
Luftschadstoffe (µg/m³)					
PM10	Mittelwert		22,14		22,46
	SD		1,76		1,78
	Wertebereich		17,93 – 30,86		17,99 – 30,86
NO₂	Mittelwert		21,02		21,58
	SD		3,82		3,89
	Wertebereich		13,91 – 64,69		14,38 – 40,57

¹ PJ: Packungsjahre

² bezieht sich nur auf die Häufigkeit der Kategorien „häufig“ bis „sehr häufig“ für Vernachlässigungen, „einige Male“ bis „sehr häufig“ für Misshandlung und „selten“ bis „sehr häufig“ für sexuellen Missbrauch nach den von Glaesmer et al. (2013) empfohlenen Schwellenwerten

4.3.1.2 Angststörungen

Insgesamt waren etwa 5,6% der LIFE-Probanden von einer Angststörung betroffen. Wie auch bei der Depression waren mehr Frauen als Männer durch eine Angststörung charakterisiert (66,4% versus 33,6%, Tabelle 59). Angststörungen waren insbesondere bei Personen zwischen 40 und 65 Jahren zu beobachten. Weiterhin waren Personen mit einer Angststörung deutlich häufiger durch einen niedrigeren Sozialstatus (31,4% versus 19,0%) und traumatische Kindheitsereignisse (insbesondere emotionale und körperliche Misshandlung, sexueller Missbrauch und emotionale Vernachlässigung) charakterisiert als Personen ohne Angststörung. Es zeigten sich nur kleine Unterschiede im BMI und der körperlichen Aktivität: Tendenziell waren etwas mehr Personen mit Angststörungen durch einen sehr

niedrigen (unter 18,5: 1,4% versus 0,5%) oder sehr hohen BMI (ab 40: 2,7% versus 1,9%) gekennzeichnet, und Personen mit Angststörungen waren körperlich etwas inaktiver (14,1% versus 10,1%) verglichen mit Personen ohne Angststörungen. Auch im Rauchverhalten zeigten sich Unterschiede: Personen mit Angststörungen waren seltener Nieraucher (43,8% versus 47,6%), aber häufiger Ex-Rauchende als Personen ohne Angststörung (Ex-Rauchende, ≤ 20 PJ: 17,1% versus 12,3%). Es finden sich keine Unterschiede in der Luftschadstoffbelastung am Wohnort zwischen Personen mit und ohne Angststörung. Eine deskriptive Beschreibung der Stichprobe findet sich in Tabelle 59.

Tabelle 59: Charakterisierung der Stichprobe (Angststörungen)

		Keine Angststörung (GAD <10)		Angststörung (GAD \geq 10)	
		n	%	n	%
Insgesamt		9208	100	560	100
Geschlecht					
	Männer	4449	48,3	188	33,6
	Frauen	4759	51,7	372	66,4
Alter (Jahre)					
	18-24	94	1,0	7	1,3
	25-29	146	16	5	0,9
	30-34	110	1,2	5	0,9
	35-39	134	1,5	9	1,6
	40-44	1163	12,6	85	15,2
	45-49	1291	14,0	100	17,9
	50-54	1080	11,7	71	12,7
	55-59	1020	11,1	88	15,7
	60-64	1193	13,0	66	11,8
	65-69	1176	12,8	41	7,3
	70-74	1230	13,4	51	9,1
	75-80	571	6,2	32	5,7
Sozioökonomischer Status					
	Niedrig	1748	19,0	176	31,4
	Mittel	5558	60,4	304	54,3
	Hoch	1875	20,4	78	13,9
	<i>Fehlende Angabe</i>	23	0,3	3	0,5
BMI					
	unter 18,5	50	0,5	8	1,4
	18,5-24,9	3170	34,4	191	34,1
	25-29,9	3709	40,3	224	40,0
	30-34,9	1625	17,7	88	15,7
	35-39,9	460	5,0	31	5,5
	40+	174	1,9	16	2,9
	<i>Fehlende Angabe</i>	20	0,2	2	0,4
Körperliche Aktivität					
	Niedrig	934	10,1	79	14,1
	Mittel	2202	23,9	127	22,7
	Hoch	4639	50,4	253	45,2

		Keine Angststörung (GAD <10)		Angststörung (GAD ≥10)	
	<i>Fehlende Angabe</i>	1433	15,6	101	18,0
Rauchen					
	Nierauchende	4379	47,6	245	43,8
	Aktiv, ≤ 20 PJ ¹	1888	20,5	84	15,0
	Aktiv, > 20-40 PJ ¹	429	4,7	23	4,1
	Aktiv, > 40 PJ ¹	287	3,1	22	3,9
	Ex-Rauchende, ≤ 20 PJ ¹	1133	12,3	96	17,1
	Ex-Rauchende, >20-40,0 PJ	568	6,2	38	6,8
	Ex-Rauchende, > 40,0 PJ ¹	521	5,7	51	9,1
	<i>Fehlende Angaben</i>	3	0,0	1	0,2
Passivrauch					
	Bis zu 7 Stunden/Woche	7844	85,2	439	78,4
	Über 7 Stunden/Woche	361	3,9	34	6,1
	<i>Fehlende Angaben</i>	1003	10,9	87	15,5
Traumatische Kindheitsereignisse²					
	Emotionale Misshandlung	771	8,4	145	25,9
	Körperliche Misshandlung	767	8,3	119	21,3
	Sexueller Missbrauch	571	6,2	94	16,8
	Emotionale Vernachlässigung	847	9,2	139	24,8
	Körperliche Vernachlässigung	1801	19,6	118	21,3
Luftschadstoffe (µg/m³)					
PM10	Mittelwert		22,14		22,29
	SD		1,76		1,69
	Wertebereich		17,93-30,86		17,99-29,88
NO₂	Mittelwert		21,03		21,26
	SD		3,82		3,57
	Wertebereich		13,91-64,69		14,38-39,36

¹ PJ: Packungsjahre

² bezieht sich nur auf die Häufigkeit der Kategorien „häufig“ bis „sehr häufig“ für Vernachlässigungen; „einige Male“ bis „sehr häufig“ für Misshandlung und „selten“ bis „sehr häufig“ für sexuellen Missbrauch nach den von Glaesmer et al. (2013) empfohlenen Schwellenwerten

4.3.1.3 Demenzerkrankung/ kognitive Beeinträchtigung

Bei der Baseline-Erhebung fand sich in der Studienpopulation lediglich ein Fall mit einer klinisch diagnostizierten Demenz. Gründe hierfür könnten in einer Eingangsselektion durch die neu gebildete LIFE-Kohorte und in einer geringen Beteiligung von Demenzkranken an der Follow-up-Untersuchung (bei generell hohem Loss to Follow-up) liegen. Aus diesem Grund wurde der Endpunkt „Demenzerkrankungen“ auf die kognitiven Beeinträchtigungen erweitert. Speziell wurden hier die leichten kognitiven und neurokognitiven Störungen (Mild Cognitive Impairment (MCI)/ Mild and Major Neurocognitive Disorder (NCD)) eingeschlossen.

Der Zusammenhang zwischen Verkehrslärmbelastung und milder kognitiver Einschränkung (MCI) wurde bei Personen über 60 Jahren analysiert. Personen mit einer leichten oder starken neurokognitiven Störung (NCD) nach DSM-5 erfüllen auch die diagnostischen Kriterien für MCI und werden daher in die Analysen einbezogen.

Die Teilgruppe der über 60-Jährigen umfasste 1078 Personen (von denen 1052 über Daten zur Exposition gegenüber Verkehrslärm und Luftverschmutzung verfügten). Die diagnostischen Kriterien für eine kognitive Beeinträchtigung waren bei 22% (n=237) dieser Stichprobe erfüllt. Es konnten keine geschlechtsspezifischen Unterschiede zwischen Personen mit und ohne kognitiven Beeinträchtigungen beobachtet werden. Erwartungsgemäß nahm der Anteil der Bevölkerung mit kognitiver Beeinträchtigung mit zunehmendem Alter zu: 17,3% der Teilnehmer*innen mit kognitiver Beeinträchtigung gegenüber 13,3% in der Gruppe ohne kognitive Beeinträchtigung in der Altersgruppe der 75-80-Jährigen. Die Verteilung des niedrigen sozioökonomischen Status war in beiden Gruppen ähnlich; Teilnehmernde mit MCI/NCD-Symptomen wiesen tendenziell seltener einen hohen sozioökonomischen Status verglichen mit Personen ohne kognitive Beeinträchtigung auf (16,0% gegenüber 20,2% ohne kognitive Beeinträchtigung).

Teilnehmende mit Bluthochdruck und Diabetes waren in der Gruppe mit kognitiver Beeinträchtigung etwas häufiger vertreten, was sich mit der unterschiedlichen Altersverteilung in den beiden Gruppen erklären ließe (Tabelle 60). Der Anteil der Personen mit anamnestischer Angabe eines erlittenen Schlaganfalls unterschied sich nicht substantiell zwischen den Gruppen.

Es wurden Unterschiede hinsichtlich des Rauchverhaltens beobachtet: In der Gruppe mit MCI/NCD-Symptomen waren weniger aktive Raucher mit weniger als 20 Packungsjahren und mehr aktive und ehemalige Raucher mit mehr als 40 Packungsjahren zu finden. Dies könnte zum Teil auch auf die Altersverteilung der Gruppen zurückzuführen sein, da ältere Studienteilnehmende mehr Zeit gehabt haben, weitere Packungsjahre angesammelt zu haben.

Die Verteilung der sozialen Unterstützung gemäß Lubben Social Network Scale (LSNS-6) unterschied sich leicht: Während etwa 14,4% der Personen mit kognitiver Beeinträchtigung eine sehr hohe soziale Unterstützung erhielten, waren es bei Personen ohne kognitiver Beeinträchtigung 18,2%. Die Verteilung der Exposition gegenüber Luftschadstoffen war in beiden Gruppen vergleichbar (Tabelle 60).

Tabelle 60: Charakterisierung der Stichprobe (kognitive Störungen)

	Ohne kognitive Störung		Kognitive Störung ¹	
	n	%	n	%
Insgesamt	841	100	237	100
Geschlecht				
Männer	464	55,2	132	55,7
Frauen	377	44,8	105	44,3
Alter (Jahre)				
60-64	141	16,8	30	12,7
65-69	298	35,4	70	29,5
70-74	290	34,5	96	40,5
75-80	112	13,3	41	17,3
Sozioökonomischer Status				
Niedrig	169	20,1	46	19,4
Mittel	502	59,7	153	64,6
Hoch	170	20,2	38	16,0

	Ohne kognitive Störung		Kognitive Störung ¹		
	<i>Fehlende Angabe</i>	0	0,00	0	0,00
BMI					
	unter 18,5	1	0,1	0	0,00
	18,5-24,9	215	25,6	63	26,6
	25-29,9	390	46,4	104	43,9
	30-34,9	187	22,2	58	24,5
	35-39,9	39	4,6	11	4,6
	40+	8	1,0	1	0,4
	<i>Fehlende Angabe</i>	1	0,1	0	0,0
Körperliche Aktivität					
	Niedrig	61	7,3	15	6,3
	Mittel	174	20,7	46	19,4
	Hoch	455	54,1	122	51,5
	<i>Fehlende Angabe</i>	151	18,0	54	22,8
Rauchen					
	Nierauchende	477	56,7	129	54,4
	Aktiv, ≤ 20 PJ ²	188	22,4	47	19,8
	Aktiv, > 20-40 PJ ²	45	5,4	13	5,5
	Aktiv, > 40 PJ ²	27	3,2	10	4,2
	Ex-Rauchende, ≤ 20 PJ ²	34	4,0	13	5,5
	Ex-Rauchende, >20-40,0 PJ ²	22	2,6	7	3,0
	Ex-Rauchende, > 40,0 PJ ²	47	5,6	18	7,6
	<i>Fehlende Angaben</i>	1	0,1	0	0,0
Passivrauchen					
	Bis zu 7 Stunden/Woche	719	85,5	192	81,0
	Über 7 Stunden/Woche	12	1,4	4	1,7
	<i>Fehlende Angaben</i>	110	13,1	41	17,3
Komorbiditäten					
	Bluthochdruck	563	66,9	166	70,0
	Bypass-OP	1	0,1	1	0,4
	Schlaganfall	20	2,4	7	3,0
	Diabetes	132	15,7	49	20,7
Soziale Unterstützung, LSNS Score (0 bis 30)					
	LSNS 0-13	245	29,1	75	31,7
	LSNS 14-17	236	28,1	68	28,7
	LSNS 18-20	165	19,6	42	17,7
	LSNS 21-30	153	18,2	34	14,4
	<i>Fehlende Angaben</i>	42	5,00	18	7,6
Luftschadstoffe (µg/m³)					

		Ohne kognitive Störung	Kognitive Störung ¹
PM10	Mittelwert	22,10	22,15
	SD	1,63	1,5
	Wertebereich	17,93 - 27,98	17,99 - 29,18
NO₂	Mittelwert	20,72	20,80
	SD	3,33	3,37
	Wertebereich	13,91 - 33,82	14,38 - 41,86

¹ kognitive Störungen: diagnostischen Kriterien für eine MCI und/oder eine NCD sind erfüllt ² PJ: Packungsjahre

4.3.2 Verkehrslärmbelastung in Leipzig

Die Teilnehmenden der LIFE-Studie waren erheblichem Straßenverkehrslärm ausgesetzt (Tabelle 61, Abbildung 25). Fast keiner der Teilnehmenden war Pegeln von weniger als 40 dB ausgesetzt. Aus diesem Grund wurde die Referenzkategorie für Straßenverkehrslärm auf 50 dB erhöht. 96,7% der Studienteilnehmende waren Straßenverkehrslärmpegeln von mehr als 50 dB L_{DEN} ausgesetzt, und die mittlere Straßenverkehrslärmbelastung lag bei 61 dB L_{DEN} .

Die zweithäufigste Lärmbelastungsquelle war der Schienenverkehrslärm (einschließlich Straßenbahnlärm). Obwohl die Mehrheit (88,5%) der Studienteilnehmer mit mehr als 40 dB L_{DEN} Schienenverkehrslärm belastet waren, gab es auch Personen, die nicht von Schienenverkehrslärm betroffen waren. Insgesamt war die Lärmbelastung durch Schienenverkehr niedriger als durch Straßenverkehr, und die mittlere Schienenverkehrslärmbelastung lag knapp unter 50 dB L_{DEN} .

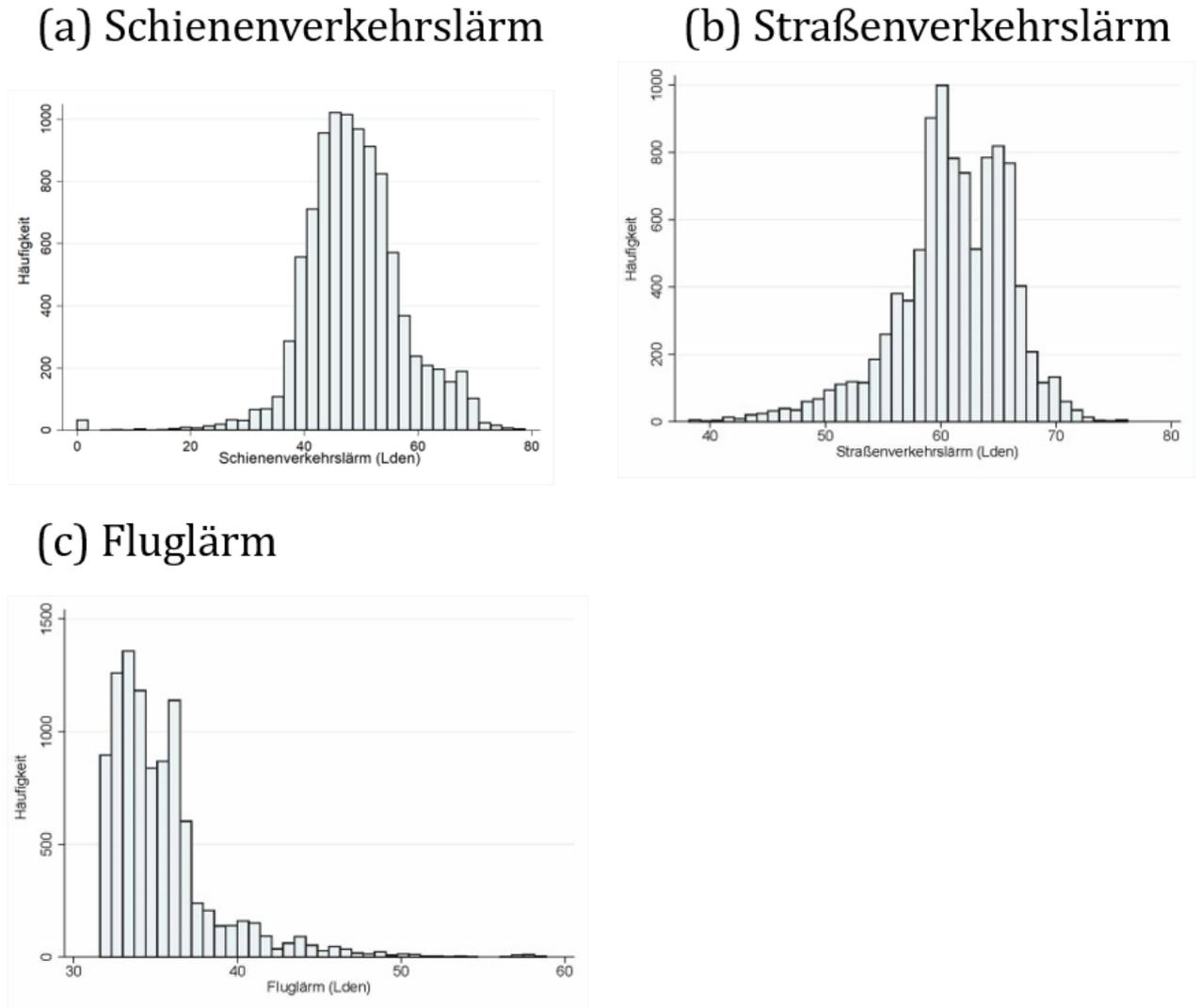
Trotz des zunehmenden nächtlichen Frachtluftverkehrs in Leipzig bereits in den Jahren vor Beginn der LIFE-Studie war die abgeschätzte Fluglärmbelastung der Studienpopulation relativ gering. Die meisten Personen (91,0%) waren weniger als 40 dB L_{DEN} Fluglärm ausgesetzt.

Tabelle 61: Mittlere Lärmexposition der LIFE-Probanden mit Unterteilung nach depressiven Symptomen

	Gesamt		Keine Depression (CES-D <23)		Depression (CES-D ≥23)	
	Mittelwert (SD)	Wertebereich	Mittelwert (SD)	Wertebereich	Mittelwert (SD)	Wertebereich
L_{DEN} (dB)						
Schienenverkehrslärm	48,8 (8,8)	0 ^a - 78,9	48,7 (8,8)	0 ^a - 78,9	49,8 (8,7)	23,5 - 73,4
Straßenverkehrslärm	61,0 (5,0)	38,2 - 76,1	61,0 (5,0)	38,2 - 76,2	61,5 (4,8)	44,9 - 72,7
Fluglärm	35,4 (3,4)	31,6 - 58,9	35,4 (3,4)	31,6 - 58,9	34,9 (3,5)	31,6 - 58,7

a) kein messbarer Schallpegel

Abbildung 25: Verteilung der Verkehrslärmbelastung (L_{DEN}) bei den LIFE-Teilnehmenden

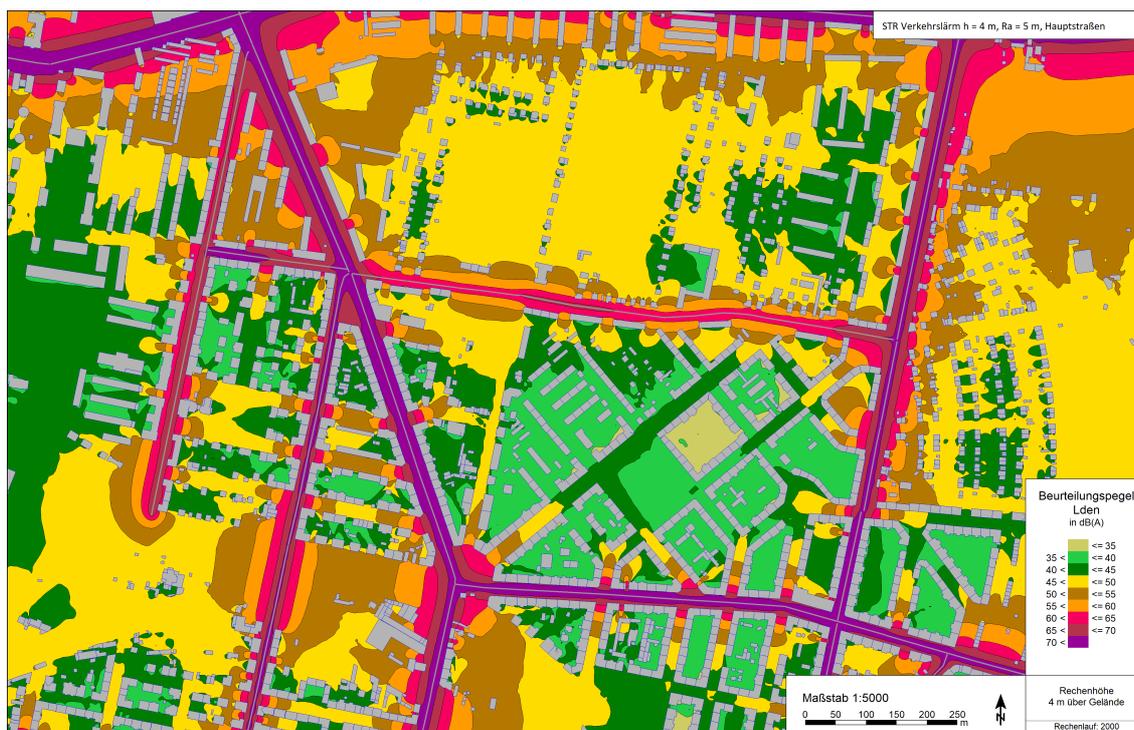


Quelle: eigene Darstellung, Institut für Arbeits- und Sozialmedizin, TU Dresden

Verglichen mit der Lärmkartierung der Stadt Leipzig zeichnet sich in dieser Studie eine höhere Straßenverkehrslärmbelastung ab. Hierbei sind ein höherer Anteil von Straßenverkehrslärmpegeln über ca. 55 dB ebenso wie ein geringerer Anteil von Pegeln unter ca. 55 dB zu beobachten. Der Unterschied begründet sich aus der Berücksichtigung der Nebenstraßen in den Berechnungen. Standardmäßig werden bei offiziellen Lärmkartierungen (so auch der Stadt Leipzig) i.d.R. nur die Hauptstraßen berücksichtigt.

Die Ergebnisse der Rasterberechnung der offiziellen Lärmkartierung und dieser Studie sind für ein Teilgebiet in Abbildung 26 und Abbildung 27 anschaulich dargestellt. Während bei der Untersuchung unter alleiniger Berücksichtigung der Hauptverkehrsstraßen durchaus vermeintlich „ruhige“ Gebiete mit Lärmpegeln von 40 - 45 dB erkennbar sind, werden unter Einbeziehung der Nebenstraßen in den vermeintlich ruhigen Gebieten Straßenverkehrslärmpegel von über 60 dB ermittelt.

Abbildung 26: Rasterlärmberechnung Straßenverkehr – nur Hauptstraßen (Lärmkartierung Stadt Leipzig 2012)



Quelle: eigene Darstellung, Institut für Verkehrsplanung und Straßenverkehr, Lehrstuhl für Verkehrsökologie, TU Dresden (Datenbasis: Stadt Leipzig (2014): Verkehrsbelastung des Leipziger Hauptverkehrsstraßennetzes aus der Lärmkartierung 2012, Shape-Datei, bereitgestellt durch das Verkehrs- und Tiefbauamt Leipzig)

Abbildung 27: Rasterlärmberechnung Straßenverkehr – Haupt- und Nebenstraßen (diese Studie)



Quelle: eigene Darstellung, Institut für Verkehrsplanung und Straßenverkehr, Lehrstuhl für Verkehrsökologie, TU Dresden (Datenbasis: Stadt Leipzig (2014): Verkehrsbelastung des Leipziger Hauptverkehrsstraßennetzes aus der Lärmkartierung 2012, Shape-Datei, bereitgestellt durch das Verkehrs- und Tiefbauamt Leipzig; eigene Abschätzung)

Betrachtet man den Eisenbahnverkehrslärm und den Straßenbahnverkehrslärm getrennt, fällt auf dass der Straßenbahnverkehrslärm für den gemittelten Tag-Nacht-Index (L_{DEN}) im Mittel etwas höher lag als der Eisenbahnverkehrslärm (41,2 dB versus 39,4 dB, Tabelle 62). Für den nächtlichen Maximalpegel zeichnete sich jedoch ein anderes Bild ab, hier war die Eisenbahnverkehrslärmbelastung im Mittel deutlich höher als der Straßenbahnverkehrslärm (52,4 dB versus 43,3 dB).

Insgesamt lebten etwa 40% bzw. 45% der LIFE-Teilnehmenden an einem Wohnort mit einem Eisenbahnverkehrslärm bzw. Straßenbahnverkehrslärm von weniger als 40 dB L_{DEN} . Etwa 10% waren einem Eisen- bzw. Straßenbahnverkehrslärm von 55 dB und mehr ausgesetzt L_{DEN} . Etwa 67% bzw. 79% der Probanden waren einem nächtlichen Verkehrslärm durch Eisenbahn bzw. Straßenbahn von weniger als 40 dB exponiert. Etwa 7% der LIFE-Teilnehmenden waren einem Eisen- oder Straßenbahnverkehrslärm von mehr als 50 dB ausgesetzt.

Unterscheidet man zwischen Probanden mit und ohne depressive Symptomatik, so zeigen sich wenig Unterschiede hinsichtlich der Eisenbahnverkehrslärmexposition. Allerdings zeigen sich Unterschiede in der Straßenbahnverkehrslärmbelastung: Die Straßenbahnverkehrslärmbelastung war im Mittel etwas höher bei Personen mit Depression (43,4 dB versus 41,1 dB). Die Ergebnisse finden sich in Tabelle 62.

Tabelle 62: Vergleich der mittleren Lärmexposition der Schienenverkehrslärmquellen

	Gesamt		Keine Depression (CES-D <23)		Depression (CES-D ≥23)	
	Mittelwert (SD)	Wertebereich	Mittelwert (SD)	Wertebereich	Mittelwert (SD)	Wertebereich
L_{DEN} (dB)						
Schienenverkehrslärm	48,8 (8,4)	0 ^a - 78,9	48,7 (8,8)	0 ^a - 78,9	49,8 (8,7)	23,5 - 73,4
Eisenbahnverkehrslärm	39,6 (15,6)	0 ^a - 78,9	39,6 (15,6)	0 ^a - 78,9	39,3 (15,6)	0 ^a - 73,4
Straßenbahnverkehrslärm	41,2 (11,2)	0 ^a - 74,4	41,1 (11,2)	0 ^a - 74,4	43,4 (11,3)	4,3 - 73,0

a) kein messbarer Schallpegel

4.3.3 Querschnittsanalyse: Ergebnisse zum Zusammenhang zwischen Depression und Verkehrslärm

Auf der Grundlage des „Grundmodells“ (mit Adjustierung für Alter, Geschlecht und sozioökonomischen Status) fand sich ein statistisch fast signifikanter Zusammenhang zwischen Straßenverkehrslärm und dem Depressionsrisiko; der Risikoanstieg betrug 19% pro 10 dB L_{DEN} (95% Konfidenzintervall (KI) - 1,2%-42,3%; entsprechende Prävalenz Odds Ratio (POR)=1,19; 95% KI 0,99-1,42, Tabelle 63). In den einzelnen 5 dB-Kategorien des Straßenverkehrslärms fand sich ein fast monotoner Anstieg des Erkrankungsrisikos mit steigendem Straßenverkehrslärm; allerdings waren die Risikoschätzer für die einzelnen Kategorien allesamt statistisch nicht signifikant. Bei Betrachtung des nächtlichen Straßenverkehrslärms zeigte sich ein vergleichbarer Risikoanstieg von 19% (95% KI -1,1%-43,5%) pro 10 dB L_{Night} . Die kategorisierte Analyse des nächtlichen Straßenverkehrslärms ergab ansteigende Effektschätzer bis zu einer POR von 1,74 (95% KI 0,94-3,24) bei einem Straßenverkehrslärmpegel zwischen 55 und <60 dB; für einen nächtlichen Straßenverkehrslärm von 60 dB oder mehr zeigte sich bei sehr geringen Fallzahlen wieder ein Risikoabfall.

Für den Schienenverkehrslärm fand sich im Grundmodell ein statistisch signifikanter Anstieg des Depressionsrisikos von 13% pro 10 dB L_{DEN} (95% KI 2,1%-24,8%; entsprechende Prävalenz Odds Ratio POR=1,13; 95% KI 1,02-1,25, Tabelle 63). In der kategorisierten Auswertung zeigte sich die höchste, statistisch signifikante POR von 1,52 (95% KI 1,05-2,19) bei einem Schienenverkehrslärm von 60 dB oder mehr. Für den nächtlichen Schienenverkehrslärm war der Risikoanstieg mit 11% (95% KI 0,8%-23,1%) pro 10 dB L_{Night} vergleichbar hoch (und ebenfalls statistisch signifikant). Der höchste – an der Grenze zur statistischen Signifikanz liegende – Risikoschätzer in der kategorisierten Analyse fand sich bei einem nächtlichen Schienenverkehrslärm von 60 dB (POR=1,56; 95% KI 0,97-2,50). Ein etwas niedrigerer Risikoanstieg wurde für den $L_{max,22-06}$, dem nächtlichen Maximalpegel zwischen 22:00 und 6:00 Uhr, gefunden. Hier stieg das Risiko auf 7,5% pro 10 dB (95% KI 0,99-1,16). In der kategorisierten Auswertung waren in den niedrigeren Pegelklassen (d.h. bei 40-50 dB) sowie in der höchsten Expositionsstufe ab 70 dB erhöhte Depressionsrisiken für den $L_{max,22-06}$ -Schienenverkehrslärm zu beobachten ($\geq 40 - < 45$ dB: POR=1,29, $\geq 45 - < 50$ dB: POR=1,32, ≥ 70 dB: POR=1,44), allerdings ohne eine statistische Signifikanz zu erreichen. Es fand sich kein Zusammenhang zwischen dem NAT-6 bzw. den Aufwachreaktionen durch Eisenbahnverkehrslärm und dem Vorliegen einer Depression (NAT-6: POR=0,96; 0,89-1,04 pro 10 dB und Aufwachreaktionen ≥ 3 : POR=0,74; 95% KI 0,23-2,41, Tabelle 65).

Insgesamt waren nur sehr wenige LIFE-Probanden fluglärme exponiert. Nur 2 Personen mit einer depressiven Symptomatik waren einem Fluglärm von mehr als 50 dB L_{DEN} bzw. 45 dB L_{Night} ausgesetzt. Für den Fluglärm fanden sich weder bei der Betrachtung des gewichteten Mittelungspegels L_{DEN} noch bei der Betrachtung des nächtlichen Mittelungspegels L_{Night} und des NAT-6 erhöhte Risikoschätzer. Tatsächlich waren alle Risikoschätzer im linearen Modell statistisch signifikant negativ. Für mindestens sechs nächtliche Maximalpegel oberhalb von 50 dB bei einem nächtlichen Mittelungspegel von unter 40 dB Fluglärm zeigte sich ebenfalls eine statistisch signifikant erniedrigte POR von 0,59 (95% KI 0,38-0,90, Tabelle 63).

Für den Fluglärm wurden zudem die Aufwachreaktionen in einer Sensitivitätsanalyse berechnet. Es zeigte sich, dass insgesamt nur sehr wenige Personen mehr als 1 Aufwachreaktion hatten: 24 Personen ohne depressive Symptomatik hatten mehr als eine Aufwachreaktion. In der Gruppe der Teilnehmenden mit Depression war keine Aufwachreaktion von ≥ 1 zu beobachten. Niemand hatte 2 oder 3 Aufwachreaktionen pro Nacht. Aufgrund der niedrigen Belastungszahlen sind die Ergebnisse zur Aufwachreaktion nur deskriptiv dargestellt (Tabelle 67).

Im „Direkte-Effekte-Modell“ wurde zusätzlich zu den Adjustierungsvariablen des Grundmodells (Alter, Geschlecht und sozioökonomischer Status) noch für den Body Mass-Index (BMI), Traumata in der Kindheit, körperliche Aktivität, Feinstaub (PM_{10}) und Stickoxide (NO_2) adjustiert. Im Ergebnis zeigte sich eine Verringerung nahezu aller Risikoschätzer für Straßenverkehrslärm und Schienenverkehrslärm. Pro 10 dB Straßenverkehrslärm ließ sich im „Direkte-Effekte-Modell“ kein nennenswert erhöhtes Depressionsrisiko mehr erkennen (POR=1,02; 95% KI 0,84-1,25, Tabelle 65). In der kategorisierten Analyse fand sich der höchste Risikoschätzer bei einem Straßenverkehrslärm (L_{DEN}) zwischen 60 und < 65 dB (POR=1,12; 95% KI 0,65-1,98). Auch für den nächtlichen Straßenverkehrslärm fand sich im linearen Modell keine nennenswerte Risikoerhöhung (POR=1,02; 95% KI 0,83-1,25). In der kategorisierten Auswertung fanden sich in allen 5 dB-Kategorien zwischen 40 und 60 dB L_{Night} statistisch nicht signifikant erhöhte Risikoschätzer von etwa 1,4.

Im „Direkte-Effekte-Modell“ ging der Anstieg des Depressionsrisikos pro 10 dB Schienenverkehrslärm (L_{DEN}) gegenüber dem Grundmodell auf statistisch nicht signifikante 4,1% (95% KI -6,6%-16,1%) zurück. In der kategorisierten Auswertung fand sich die (statistisch nicht signifikante) höchste POR von 1,15 (95% KI 0,77-1,72) in der höchsten Lärmkategorie von ≥ 60 dB Schienenverkehrslärm. Auch beim nächtlichen Schienenverkehrslärm ging der Effektschätzer des Depressionsrisikos deutlich auf statistisch nicht signifikante 3,5% (95% KI -7,0%-15,2%) zurück. Die höchste POR von 1,15 (95% KI 0,69-1,91) fand sich bei einem nächtlichen Schienenverkehrslärm-Pegel von ≥ 60 dB L_{Night} . Auch für den

$L_{\max,22-06}$ flachte die Beziehung zwischen dem Depressionsrisiko und der Schienenverkehrslärmexposition in der kontinuierlichen sowie in der kategorisierten Betrachtung im „Direkte-Effekte-Modell“ ab (siehe Tabelle 64). Für den NAT-6 und die Aufwachreaktionen wurde, wie auch im Grundmodell kein erhöhtes Depressionsrisiko beobachtet (Tabelle 66).

Beim Fluglärm fand sich auch im „Direkte-Effekte-Modell“ kein erhöhtes Depressionsrisiko. Die erniedrigten Risikoschätzer für die linearen Modelle und für die kategorisierte Auswertung des L_{DEN} , L_{Night} und NAT-6 waren verloren im „Direkte-Effekte-Modell“ ihre statistische Signifikanz (Tabelle 65).

Tabelle 63: Querschnittanalyse zur Depression: Prävalenz-Odds-Ratios (POR) der multivariablen logistischen Regressionsanalysen im „Grundmodell“

	Straßenverkehrslärm				Schienenverkehrslärm				Fluglärm			
	Gesamt	CES-D ≥23 ³	POR	95%KI	Gesamt	CES-D ≥23 ³	POR	95%KI	Gesamt	CES-D ≥23 ³	POR	95%KI
L_{DEN}												
< 40 dB					988	55	1,0	Referenz				
<40dB, Max. <50dB									7666	506	1,0	Referenz
<40dB, Max. ≥50dB (NAT-6) ¹									186	9	0,67	(0,34-1,32)
≥40 – <45 dB					1836	107	0,98	(0,69-1,37)	581	31	0,85	(0,58-1,24)
≥45 – <50 dB					2210	149	1,12	(0,81-1,54)	148	5	0,49	(0,20-1,20)
<50 dB	294	15	1,0	Referenz								
≥50 – <55 dB	571	34	1,11	(0,59-2,08)	1904	114	0,97	(0,69-1,36)	30	2	1,01	(0,23-4,33)
≥55 – <60 dB	2356	136	1,09	(0,63-1,90)	832	50	1,02	(0,68-1,52)	19	0	-	-
≥60 dB					860	78	1,52	(1,05-2,19)				
≥60 – <65 dB	3412	225	1,23	(0,71-2,12)								
≥65 – <70 dB	1851	131	1,28	(0,73-2,23)								
≥70 dB	146	12	1,34	(0,60-2,99)								
Kontinuierlich (Pro 10 dB)			1,186	(0,988- 1,423)			1,129	(1,021- 1,248)			0,610	(0,450- 0,829)
L_{Night}												
< 40 dB	294	12	1,0	Referenz	4040	252	1,0	Referenz				
<40dB, Max. <50dB									7868	523	1,0	Referenz
<40dB, Max. ≥50dB (NAT-6) ¹									604	24	0,59	(0,38-0,90)
≥40 – <45 dB	634	36	1,31	(0,66-2,57)	1997	112	0,85	(0,68-1,08)	116	4	0,52	(0,19-1,42)
≥45 – <50 dB	2777	165	1,41	(0,77-2,58)	1445	98	1,06	(0,83-1,35)	23	2	1,21	(0,28-5,29)
≥50 – <55 dB	3475	229	1,53	(0,84-2,79)	525	36	1,08	(0,75-1,56)	19	0	-	-
≥55 – <60 dB	1326	103	1,74	(0,94-3,24)	416	32	1,23	(0,83-1,80)				
≥60 dB	124	8	1,27	(0,50-3,25)	207	22	1,56	(0,97-2,51)				
Kontinuierlich (Pro 10 dB)			1,191	(0,989- 1,435)			1,114	(1,008- 1,231)			0,594	(0,433- 0,815)

	Straßenverkehrslärm				Schienenverkehrslärm				Fluglärm			
	Gesamt	CES-D ≥23 ³	POR	95%KI	Gesamt	CES-D ≥23 ³	POR	95%KI	Gesamt	CES-D ≥23 ³	POR	95%KI
NAT-6²												
< 40 dB					1728	120	1,00	Referenz	4915	353		
≥40 – <45 dB					668	51	1,06	(0,75-1,50)	3031	178	1,00	Referenz
≥45 – <50 dB					1328	70	0,71	(0,52-0,97)	475	16	0,84	(0,690-1,009)
≥50 – <55 dB					1818	122	0,91	(0,70-1,190)	203	10	0,48	(0,29-0,80)
≥55 – <60 dB					1362	79	0,78	(0,58-1,06)	96	4	0,63	(0,33-1,20)
≥60 dB					1811	118	0,88	(0,67-1,16)	148	4	0,59	(0,21-1,63)
Kontinuierlich (Pro 10 dB)							0,962	(0,890-1,040)			0,653	(0,506-0,843)

¹entspricht NAT-6

²Nur NAT-6 Eisenbahnverkehrslärm

³CES-D = Center for Epidemiologic Studies Depression Scale (CES-D ≥ 23: Grenzwert für eine klinisch relevante depressive Symptomatik)

Grundmodell adjustiert für: Alter (5-Jahres-Kategorien), Geschlecht und sozioökonomischen Status

Tabelle 64: Querschnittanalyse zur Depression: Prävalenz-Odds-Ratios (POR) der multivariablen logistischen Regressionsanalysen im „Direkte-Effekte-Modell“

	Straßenverkehrslärm				Schienenverkehrslärm				Fluglärm			
	Gesamt	CES-D ≥23 ³	POR	95%KI	Gesamt	CES-D ≥23 ³	POR	95%KI	Gesamt	CES-D ≥23 ³	POR	95%KI
L_{DEN}												
< 40 dB					988	55	1,0	Referenz				
<40dB, Max. <50dB									7666	506	1,0	Referenz
<40dB, Max. ≥50dB (NAT-6) ¹									186	9	0,79	(0,39-1,59)
≥40 – <45 dB					1836	107	0,89	(0,63-1,27)	581	31	1,03	(0,69-1,53)
≥45 – <50 dB					2210	149	0,96	(0,68-1,35)	148	5	0,58	(0,23-1,47)
< 50 dB	294	15	1,0	Referenz					30	2	0,99	(0,22-4,37)
≥50 – <55 dB	571	34	1,11	(0,58-2,11)	1904	114	0,84	(0,59-1,20)	19	0	-	-
≥55 – <60 dB	2356	136	1,07	(0,61-1,89)	832	50	0,88	(0,58-1,33)				
≥60 dB					860	78	1,15	(0,77-1,72)				
≥60 – <65 dB	3412	225	1,14	(0,65-1,98)								
≥65 – <70 dB	1851	131	1,05	(0,589-1,87)								
≥70 dB	146	12	0,76	(0,32-1,80)								
Kontinuierlich (Pro 10 dB)			1,020	(0,836-1,246)			1,041	(0,934- 1,161)			0,812	(0,573- 1,151)
L_{Night}												
< 40 dB	294	12	1,0	Referenz	4041	253	1,0	Referenz				
<40dB, Max. <50dB									7868	523	1,0	Referenz
<40dB, Max. ≥50dB (NAT-6) ¹									604	24	0,69	(0,44-1,06)
≥40 – <45 dB	634	36	1,39	(0,70-2,78)	1997	112	0,81	(0,64-1,03)	116	4	0,59	(0,21-1,65)
≥45 – <50 dB	2777	165	1,41	(0,76-2,61)	1444	98	1,00	(0,78-1,29)	23	2	1,25	(0,28-5,70)
≥50 – <55 dB	3475	229	1,44	(0,78-2,66)	526	36	1,05	(0,72-1,53)	19	0	-	-
≥55 – <60 dB	1326	103	1,42	(0,75-2,70)	415	32	1,02	(0,68-1,53)				
≥60 dB	124	8	0,78	(0,29-2,12)	207	22	1,15	(0,69-1,91)				

	Straßenverkehrslärm				Schienenverkehrslärm				Fluglärm			
	Gesamt	CES-D ≥23 ³	POR	95%KI	Gesamt	CES-D ≥23 ³	POR	95%KI	Gesamt	CES-D ≥23 ³	POR	95%KI
Kontinuierlich (Pro 10 dB)			1,019	(0,829-1,251)			1,035	(0,930-1,152)			0,759	(0,540-1,068)
NAT-6²												
< 40 dB					1728	120	1,00	Referenz	4915	353		
≥40 – <45 dB					668	51	1,03	(0,72-1,48)	3031	178	1,00	Referenz
≥45 – <50 dB					1328	70	0,71	(0,51-0,98)	475	16	0,94	(0,76-1,16)
≥50 – <55 dB					1818	122	0,92	(0,69-1,21)	203	10	0,59	(0,34-1,00)
≥55 – <60 dB					1362	79	0,83	(0,61-1,13)	96	4	0,74	(0,37-1,48)
≥60 dB					1811	118	0,90	(0,68-1,20)	148	4	0,68	(0,24-1,93)
Kontinuierlich (Pro 10 dB)							0,972	(0,897-1,053)			0,785	(0,595-1,036)

¹entspricht NAT-6

²Nur NAT-6 Eisenbahnverkehrslärm

³ CES-D = Center for Epidemiologic Studies Depression Scale (CES-D ≥ 23: Grenzwert für eine klinisch relevante depressive Symptomatik)

„Direkte-Effekte-Modell“ adjustiert für: Alter (5-Jahres-Kategorien), Geschlecht, sozioökonomischen Status (3 Kategorien), BMI (5 Kategorien), Childhood Trauma Score (4 Kategorien), körperliche Aktivität (Kategorien), Luftschadstoffe PM10 und NO₂ (kontinuierlich)

Tabelle 65: Querschnittanalyse zur Depression: Aufwachreaktionen für Eisenbahnverkehrslärm im „Grundmodell“

Depression CES-D ≥ 23 ¹				
Aufwachreaktionen	Gesamt	CES-D ≥ 23	OR	95%KI
< 0-<1	7182	463	1,00	Referenz
≥ 1 -<2	1247	81	1,00	(0,78-1,29)
≥ 2 -<3	224	13	0,97	(0,54-1,72)
≥ 3	60	3	0,74	(0,23-2,41)

¹ CES-D = Center for Epidemiologic Studies Depression Scale (CES-D ≥ 23 : Grenzwert für eine klinisch relevante depressive Symptomatik)

Grundmodell adjustiert für: Alter (5-Jahres-Kategorien), Geschlecht und sozioökonomischen Status

Tabelle 66: Querschnittanalyse zur Depression: Aufwachreaktionen für Eisenbahnverkehrslärm im „Direkte-Effekte-Modell“

Depression CES-D ≥ 23 ¹				
Aufwachreaktionen	Gesamt	CES-D ≥ 23	OR	95%KI
< 0-<1	7182	463	1,00	Referenz
≥ 1 -<2	1247	81	0,95	(0,73-1,23)
≥ 2 -<3	224	13	0,94	(0,52-1,69)
≥ 3	60	3	0,74	(0,22-2,49)

¹ CES-D = Center for Epidemiologic Studies Depression Scale (CES-D ≥ 23 : Grenzwert für eine klinisch relevante depressive Symptomatik)

„Direkte-Effekte-Modell“ adjustiert für: Alter (5-Jahres-Kategorien), Geschlecht, sozioökonomischen Status (3 Kategorien), BMI (5 Kategorien), Childhood Trauma Score (4 Kategorien), körperliche Aktivität (Kategorien), Luftschadstoffe PM10 und NO₂ (kontinuierlich)

Tabelle 67: Querschnittanalyse zur Depression: Deskriptive Statistik für die Aufwachreaktion für Fluglärm

Aufwachreaktionen	Keine Depression (CES-D <23) ¹		Depression (CES-D ≥ 23) ¹	
	n	%	n	%
0	2065	24,9	169	29,9
< 0-<1	5988	72,1	384	68,5
≥ 1 -<2	24	0,3	0	0
≥ 2 -<3	0	0	0	0
≥ 3	0	0	0	0
Missings	226	2,7	12	1,7

¹ CES-D = Center for Epidemiologic Studies Depression Scale (CES-D ≥ 23 : Grenzwert für eine klinisch relevante depressive Symptomatik)

4.3.4 Querschnittsanalyse (Sensitivitätsanalyse): Vergleich der lärmbedingten Risiken für eine Depression durch Eisenbahnverkehrslärm und Straßenbahnverkehrslärm

Für den Straßenbahnverkehrslärm fand sich im Grundmodell ein statistisch signifikanter Anstieg des Depressionsrisikos von 18% pro 10 dB L_{DEN} bzw. pro 10 dB L_{Night} (L_{DEN} : POR=1,18; 95% KI 1,09-1,27, L_{Night} : POR=1,18; 95% KI 1,09-1,27, Tabelle 68).

In der kategorisierten Auswertung zeigte sich insgesamt ein Anstieg der Depressionsrisiken mit zunehmendem Straßenbahnverkehrslärm. Für den L_{DEN} war die höchste, statistisch signifikante POR von 1,83 (95% KI 1,34-2,51) bei einem Straßenbahnverkehrslärm von 60 dB oder mehr zu beobachten. In den niedrigeren Pegelklassen von 40 bis 50 dB und in der Pegelklasse zwischen 55 und 60 dB wurden ebenfalls erhöhte Risiken für eine Depression beobachtet (≥ 40 – <45 dB: POR=1,12; ≥ 45 – <50 dB: POR=1,27, ≥ 55 – <60 dB: POR=1,52). Allerdings erreichten diese Ergebnisse keine statistische Signifikanz. Bei Lärmpegeln zwischen 50 und 55 dB fand sich kein Zusammenhang zwischen dem Depressionsrisiko und dem Straßenbahnverkehrslärm (POR=1,01; 95% KI 0,72-1,42). Die Ergebnisse sind in Tabelle 68 dargestellt.

Für den nächtlichen Straßenbahnverkehrslärm zeigten sich ebenfalls deutliche Risikoerhöhungen (Tabelle 69). Hier finden sich bereits ab einem Lärmpegel von ≥ 45 dB Straßenbahnverkehrslärm deutlich erhöhte Risiken für eine Depression. In der Pegelklasse ≥ 45 – <50 dB war ein statistisch signifikanter Risikoschätzer von POR=1,51 (95% KI 1,05-2,17) zu beobachten. Bei Pegeln zwischen 50 und 55 dB lag das Depressionsrisiko bei POR=1,46 (95% KI 0,88-2,43). Ab 55 dB nächtlichem Straßenbahnverkehrslärm stieg das Risiko auf POR=1,61 (1,08-2,41) bzw. auf 1,62 (95% KI 0,86-3,03) bei 60 dB und mehr. Betrachtet man den $L_{max,22-06}$ finden sich ebenfalls deutlich erhöhte Depressionsrisiken: In der Pegelklasse zwischen 50 und 55 dB war eine Risikoerhöhung von 42% zu beobachten (POR=1,42; 95% KI 1,07-1,88, Tabelle 70). Allerdings sind die Zusammenhänge zwischen der Straßenbahnverkehrslärmexposition in der Nacht (22-06 Uhr) und dem Depressionsrisiko insgesamt weniger deutlich für den $L_{max,22-06}$ als für den L_{Night} ausgeprägt. Für den $L_{max,22-06}$ ist ein U-förmiger Verlauf zu beobachten, und die höchste, statistisch signifikante POR war bei einem Straßenbahnverkehrslärm von 70 dB oder mehr zu beobachten (POR=1,86; 95% KI 1,34-2,58). Es fand sich im kontinuierlichen Grundmodell ein statistisch signifikanter Anstieg des Depressionsrisikos von 11% pro 10 dB für den $L_{max,22-06}$.

In den „Direkte-Effekte-Modellen“ zeigten sich geringere Depressionsrisiken sowohl für die kontinuierliche als auch für die kategorisierte Betrachtung, und die Ergebnisse verfehlten die statistische Signifikanz (Tabelle 69). Sowohl für den L_{DEN} als auch für den L_{Night} betrug der Risikoanstieg 9% pro 10 dB (L_{DEN}/L_{Night} : POR=1,09; 95% KI 0,99-1,20). In der kategorisierten Auswertung waren die größten Risikoschätzer ab 55 dB L_{DEN} Straßenbahnverkehrslärm zu beobachten (≥ 55 – <60 dB: POR=1,39; 95% KI 0,87-2,24; ≥ 60 dB: POR=1,38; 95% KI 0,95-2,01). Die größte Risikoerhöhung für eine Depression aufgrund von Straßenbahnverkehrslärm in der Nacht war bei Pegeln zwischen 45 und 55 dB zu beobachten (≥ 45 – <50 dB: POR=1,36; 95% KI 0,93-1,98; ≥ 50 – <55 dB: POR=1,34; 95% KI 0,79-2,28).

Für den Eisenbahnverkehrslärm zeigten sich insgesamt sowohl im Grundmodell (Tabelle 68) als auch im „Direkte-Effekte-Modell“ (Tabelle 69) keine statistisch signifikanten Zusammenhänge zwischen der Lärmexposition und dem Risiko einer Depression; dies gilt für die kontinuierliche ebenso wie für die kategorisierte Betrachtung aller Lärmparameter. Für die Eisenbahnverkehrslärmexposition in der Nacht fand sich im Grundmodell eine statistisch nicht signifikant erhöhte POR von 1,44 (95% KI 0,68-3,05) bei Lärmpegeln von 60 dB und mehr. Diese Risikoerhöhung blieb im „Direkte-Effekte-Modell“ bestehen, und das entsprechende Risiko für eine Depression lag bei POR=1,46 (95% KI 0,67-3,16). Der Risikoschätzer lag bei 0,96 pro 10 dB L_{DEN} bzw. L_{Night} (L_{DEN} : 95% KI 0,91-1,02; L_{Night} : 95% KI 0,90-1,02) Eisenbahnverkehrslärm.

Tabelle 68: Querschnittanalyse zur Depression: Prävalenz-Odds-Ratios (POR) der multivariablen logistischen Regressionsanalysen im „Grundmodell“ für Schienenverkehrslärm (getrennt betrachtet)

	Eisenbahnverkehrslärm				Straßenbahnverkehrslärm				Schienenverkehrslärm (Eisen- und Straßenbahn kombiniert)			
	Gesamt	CES-D ≥23 ¹	POR	95%KI	Gesamt	CES-D ≥23 ¹	POR	95%KI	Gesamt	CES-D ≥23 ¹	POR	95%KI
L_{DEN}												
< 40 dB	3461	230	1,0	Referenz	3902	217	1,0	Referenz	988	55	1,0	Referenz
≥40 – <45 dB	1632	105	0,89	(0,70-1,13)	2039	130	1,12	(0,89-1,40)	1836	107	0,98	(0,69-1,37)
≥45 – <50 dB	1450	89	0,85	(0,66-1,11)	1120	81	1,27	(0,97-1,66)	2210	149	1,12	(0,81-1,54)
≥50 – <55 dB	1236	74	0,84	(0,64-1,11)	739	45	1,01	(0,72-1,42)	1904	114	0,97	(0,69-1,36)
≥55 – <60 dB	528	34	0,94	(0,64-1,37)	290	23	1,52	(0,96-2,40)	832	50	1,02	(0,68-1,52)
≥60 dB	323	21	0,95	(0,59-1,51)	540	57	1,83	(1,34-2,51)	860	78	1,52	(1,05-2,19)
Kontinuierlich (Pro 10 dB)			0,964	(0,911- 1,020)			1,176	(1,087- 1,271)			1,129	(1,021- 1,248)
L_{Night}												
< 40 dB	5755	383	1,0	Referenz	6795	414	1,0	Referenz	4041	253	1,0	Referenz
≥40 – <45 dB	1298	68	0,77	(0,59-1,00)	826	44	0,79	(0,57-1,10)	1997	112	0,85	(0,68-1,08)
≥45 – <50 dB	1011	66	0,94	(0,72-1,24)	415	36	1,51	(1,05-2,17)	1444	98	1,06	(0,83-1,35)
≥50 – <55 dB	338	24	1,08	(0,70-1,66)	193	18	1,46	(0,88-2,43)	526	36	1,08	(0,75-1,56)
≥55 – <60 dB	144	4	0,39	(0,14-1,06)	292	29	1,61	(1,08-2,41)	415	32	1,23	(0,83-1,80)
≥60 dB	84	8	1,44	(0,68-3,05)	109	12	1,62	(0,86-3,03)	207	22	1,56	(0,97-2,51)
Kontinuierlich (Pro 10 dB)			0,958	(0,901- 1,019)			1,177	(1,087- 1,274)			1,114	(1,008- 1,231)

¹ CES-D = Center for Epidemiologic Studies Depression Scale (CES-D ≥ 23: Grenzwert für eine klinisch relevante depressive Symptomatik)

Grundmodell adjustiert für: Alter (5-Jahres-Kategorien), Geschlecht und sozioökonomischen Status

Tabelle 69: Querschnittanalyse zur Depression: Prävalenz-Odds-Ratios (POR) der multivariablen logistischen Regressionsanalysen im „Direkte-Effekte-Modell“ für Schienenverkehrslärm (getrennt betrachtet)

	Eisenbahnverkehrslärm				Straßenbahnverkehrslärm				Schienenverkehrslärm (Eisen- und Straßenbahn kombiniert)			
	Gesamt	CES-D ≥23 ¹	POR	95%KI	Gesamt	CES-D ≥23 ¹	POR	95%KI	Gesamt	CES-D ≥23 ¹	POR	95%KI
L_{DEN}												
< 40 dB	3461	230	1,0	Referenz	5586	319	1,0	Referenz	988	55	1,0	Referenz
≥40 – <45 dB	1632	105	0,91	(0,71-1,16)	1272	99	1,00	(0,78-1,28)	1836	107	0,89	(0,63-1,27)
≥45 – <50 dB	1450	89	0,86	(0,66-1,12)	804	38	1,07	(0,80-1,42)	2210	149	0,96	(0,68-1,35)
≥50 – <55 dB	1236	74	0,90	(0,68-1,20)	383	40	0,85	(0,60-1,21)	1904	114	0,84	(0,59-1,20)
≥55 – <60 dB	528	34	0,93	(0,63-1,37)	195	21	1,39	(0,87-2,24)	832	50	0,88	(0,58-1,33)
≥60 dB	323	21	0,95	(0,59-1,54)	390	36	1,38	(0,95-2,01)	860	78	1,15	(0,77-1,72)
Kontinuierlich (Pro 10 dB)			0,960	(0,905- 1,018)			1,088	(0,987- 1,200)			1,041	(0,934- 1,161)
L_{Night}												
< 40 dB	5755	383	1,0	Referenz	6795	414	1,0	Referenz	4041	253	1,0	Referenz
≥40 – <45 dB	1298	68	0,79	(0,60-1,04)	826	44	0,69	(0,49-0,96)	1997	112	0,81	(0,64-1,03)
≥45 – <50 dB	1011	66	0,96	(0,72-1,27)	415	36	1,36	(0,93-1,98)	1444	98	1,00	(0,78-1,29)
≥50 – <55 dB	338	24	1,11	(0,71-1,74)	193	18	1,34	(0,79-2,28)	526	36	1,05	(0,72-1,53)
≥55 – <60 dB	144	4	0,38	(0,14-1,06)	292	29	1,28	(0,83-1,99)	415	32	1,02	(0,68-1,53)
≥60 dB	84	8	1,50	(0,69-3,25)	109	12	1,00	(0,50-1,97)	207	22	1,15	(0,69-1,91)
Kontinuierlich (Pro 10 dB)			0,957	(0,898- 1,021)			1,088	(0,985- 1,201)			1,035	(0,930- 1,152)

¹ CES-D = Center for Epidemiologic Studies Depression Scale (CES-D ≥ 23: Grenzwert für eine klinisch relevante depressive Symptomatik)

„Direkte-Effekte-Modell“ adjustiert für: Alter (5-Jahres-Kategorien), Geschlecht, sozioökonomischen Status (3 Kategorien), BMI (5 Kategorien), Childhood Trauma Score (4 Kategorien), körperliche Aktivität (Kategorien), Luftschadstoffe PM10 und NO₂ (kontinuierlich)

Tabelle 70: Querschnittanalyse zur Depression: Prävalenz-Odds-Ratios (POR) der multivariablen logistischen Regressionsanalysen für $L_{max,22-06}$ für Schienenverkehrslärm (getrennt betrachtet)

$L_{max, 22-6h}$	Eisenbahnverkehrslärm				Straßenbahnverkehrslärm				Schienenverkehrslärm (Eisen- und Straßenbahn kombiniert)			
	Gesamt	CES-D ≥23 ¹	POR	95%KI	Gesamt	CES-D ≥23 ¹	POR	95%KI	Gesamt	CES-D ≥23 ¹	POR	95%KI
Grundmodell												
< 40 dB	1089	70	1,0	Referenz	3731	208	1,0	Referenz	474	25	1,0	Referenz
≥40 – <45 dB	325	19	0,81	(0,47-1,37)	1033	56	0,99	(0,73-1,35)	242	16	1,29	(0,67-2,48)
≥45 – <50 dB	822	63	1,09	(0,76-1,57)	1095	71	1,16	(0,87-1,54)	652	46	1,32	(0,79-2,20)
≥50 – <55 dB	1876	121	0,90	(0,66-1,22)	922	74	1,42	(1,07-1,88)	1668	107	1,17	(0,74-1,85)
≥55 – <60 dB	1862	115	0,84	(0,61-1,14)	684	52	1,31	(0,95-1,81)	2038	127	1,08	(0,69-1,69)
≥60-<65 dB	1148	66	0,77	(0,54-1,10)	459	25	0,95	(0,61-1,46)	1445	77	0,92	(0,57-1,47)
≥65-<70 dB	702	42	0,83	(0,55-1,24)	214	14	1,15	(0,65-2,02)	867	53	1,09	(0,66-1,78)
≥70dB	806	57	0,97	(0,67-1,41)	492	53	1,86	(1,34-2,58)	1244	102	1,44	(0,91-2,27)
Kontinuierlich (Pro 10 dB)			0,984	(0,938-1,033)			1,108	(1,049-1,171)			1,075	(0,995-1,160)
„Direkte-Effekte-Modell“												
< 40 dB	474	25	1,0	Referenz	3731	208	1,0	Referenz	474	25	1,0	Referenz
≥40 – <45 dB	1089	70	0,73	(0,42-1,25)	1033	56	0,96	(0,70-1,32)	242	16	1,16	(0,59-2,28)
≥45 – <50 dB	325	19	1,03	(0,71-1,49)	1095	71	1,04	(0,77-1,39)	652	46	1,18	(0,70-2,00)
≥50 – <55 dB	822	63	0,88	(0,64-1,21)	922	74	1,25	(0,93-1,69)	1668	107	1,06	(0,66-1,69)
≥55 – <60 dB	1876	121	0,85	(0,61-1,17)	684	52	1,12	(0,80-1,57)	2038	127	0,97	(0,62-1,54)
≥60-<65 dB	1862	115	0,79	(0,55-1,14)	459	25	0,85	(0,55-1,33)	1445	77	0,84	(0,52-1,36)
≥65-<70 dB	1148	66	0,80	(0,53-1,22)	214	14	0,94	(0,52-1,70)	867	53	0,94	(0,57-1,57)
≥70dB	702	42	0,95	(0,64-1,39)	492	53	1,43	(0,98-2,09)	1244	102	1,16	(0,72-1,87)
Kontinuierlich (Pro 10 dB)			0,976	(0,928-1,027)			1,051	(0,968-1,121)			1,031	(0,952-1,116)

¹ CES-D = Center for Epidemiologic Studies Depression Scale (CES-D ≥ 23: Grenzwert für eine klinisch relevante depressive Symptomatik)

Grundmodell adjustiert für: Alter (5-Jahres-Kategorien), Geschlecht und sozioökonomischen Status

„Direkte-Effekte-Modell“ adjustiert für: Alter (5-Jahres-Kategorien), Geschlecht, sozioökonomischen Status (3 Kategorien), BMI (5 Kategorien), Childhood Trauma Score (4 Kategorien), körperliche Aktivität (Kategorien), Luftschadstoffe PM10 und NO₂ (kontinuierlich)

4.3.5 Querschnittsanalyse: Ergebnisse zum Zusammenhang zwischen Angststörungen und Verkehrslärm

Für den Schienenverkehrslärm waren im Grundmodell statistisch signifikant erhöhte Risiken von 39% für eine Angststörung bei einer Schienenverkehrslärmbelastung zwischen 45 und 50 dB für den L_{DEN} zu finden (POR=1,39; 95% KI 1,00-1,93, Tabelle 71). Auch in den höheren Pegelklassen von 50 bis 60 dB Schienenverkehrslärm zeigten sich (statistisch nicht signifikant) erhöhte Risiken (≥ 50 -<55 dB: POR=1,30; 95% KI 0,93-1,82, ≥ 55 -<60 dB: POR=1,11; 95% KI 0,74-1,67). Betrachtet man die Schienenverkehrslärmbelastung in der Nacht (L_{Night}), war das Risiko für eine Angststörung um 24% bei einer Lärmbelastung von 45 bis 50 dB erhöht (Tabelle 71). Das Ergebnis verfehlte nur knapp die statistische Signifikanz (POR=1,24; 95% KI 0,98-1,57). In der linearen Analyse fand sich eine statistisch nicht signifikante Risikosteigerung für eine Angststörung von etwa 3% pro 10 dB Schienenverkehrslärm (L_{DEN} : POR=1,03; 95% KI 0,94-1,14, L_{Night} : POR=1,03; 95% KI 0,94-1,14, $L_{max,22-06}$: POR=1,02; 95% KI 0,94-1,09). Auch für den NAT-6 und die Aufwachreaktionen durch Eisenbahnverkehrslärm zeigten sich keine statistisch signifikanten Zusammenhänge (NAT-6: POR=1,01; 95% KI 0,93-1,09 pro 10 dB und Aufwachreaktionen ≥ 3 : POR=0,52; 95% KI 0,12-2,15). Im „Direkte-Effekte-Modell“ zeigten sich tendenziell ähnliche, aber etwas geringere Risiken für eine schienenverkehrslärmbezogene Angststörung (Tabelle 74).

Für den Straßenverkehrslärm zeigten sich im Grundmodell in der kategorialen Auswertung deutlich erhöhte (statistisch nicht signifikante) Risikoschätzer, insbesondere für die Straßenverkehrslärmexposition in der Nacht (Tabelle 71). Bereits ab 40 dB L_{Night} war im Grundmodell eine Risikoerhöhung für eine Angststörung von 38% zu beobachten, welche dann auf 50-55% in den darauffolgenden Pegelklassen bis 60 dB anstieg. Auch für den L_{DEN} zeigten sich (statistisch nicht signifikant) erhöhte Risikoschätzer ab 50 dB: POR=1,24 bei ≥ 50 -<55 dB, POR=1,32 bei ≥ 55 -<60 dB, POR=1,28 bei ≥ 60 -<65 dB und POR=1,33 bei ≥ 65 -<70 dB. Oberhalb von 70 dB Straßenverkehrslärm waren die Felderbelegungen insbesondere in der Gruppe der Angststörungen gering (n=6). Im linearen Modell fand sich ein nicht signifikanter Anstieg von etwa 4% pro 10 dB (L_{DEN} : POR=1,04; 95% KI 0,87-1,24, L_{Night} : POR=1,04; 95% KI 0,87-1,25). Für das „Direkte Effekte Modell“ ergaben sich tendenziell etwas niedrigere (statistisch nicht signifikante) Risikoschätzer (Tabelle 72).

Für den Fluglärm sind belastbare Aussagen aufgrund der niedrigen Felderbelegungen kaum möglich. Insgesamt waren nur 4 Personen mit einer Angststörung von einem Fluglärm von mehr als 50 dB L_{DEN} bzw. 45 dB L_{Night} exponiert. In der kontinuierlichen Auswertung wurden Risikoschätzer von POR=0,77 (95% KI 0,58-1,02) für den L_{DEN} , POR=0,81 (95% KI 0,61-1,07) für den L_{Night} und 0,85 (95% KI 0,68-1,07) pro 10 dB für den NAT-6 berechnet. In der kategorisierten Auswertung fanden sich tendenziell erhöhte Risiken sowohl für den L_{DEN} als auch für den L_{Night} im Grundmodell ab 40 dB. Werden die Risikoschätzer des Grundmodells mit dem „Direkte Effekte Modell“ verglichen, steigen die Risikoschätzer im „Direkte Effekte Modell“ in allen Pegelklassen und auch in der linearen Auswertung an. Die Ergebnisse sind in Tabelle 71 (Grundmodell) und Tabelle 72 („Direkte-Effekte-Modell“) aufgeführt.

Generell lagen die Werte der fluglärmbedingten Aufwachreaktionen sehr niedrig (Tabelle 75). 28 Personen ohne Angststörung ($GAD < 10$) und zwei Personen mit einer Angststörung ($GAD \geq 10$) waren durch eine zusätzliche fluglärmbedingte Aufwachreaktion pro Nacht gekennzeichnet. Es gab keine Person mit zwei oder drei Aufwachreaktionen pro Nacht. Aufgrund der niedrigen Belastungszahlen werden die Ergebnisse nur deskriptiv dargestellt.

Tabelle 71: Querschnittanalyse zu Angststörungen: Prävalenz-Odds-Ratios (POR) der multivariablen logistischen Regressionsanalysen im „Grundmodell“

	Straßenverkehrslärm				Schienenverkehrslärm				Fluglärm			
	Gesamt	GAD ≥10 ³	POR	95%KI	Gesamt	GAD ≥10 ³	POR	95%KI	Gesamt	GAD ≥10 ³	POR	95%KI
L_{DEN}												
< 40 dB					1101	50	1,0	Referenz				
<40dB, Max. <50dB									8662	495	1,0	Referenz
<40dB, Max. ≥50dB (NAT-6) ¹									206	12	0,96	(0,53-1,74)
≥40 – <45 dB					2039	97	1,01	(0,71-1,43)	644	24	0,66	(0,43-1,00)
≥45 – <50 dB					2497	165	1,39	(1,00-1,93)	173	13	1,35	(0,76-2,42)
<50 dB	325	14	1,00	(1,00-1,00)								
≥50 – <55 dB	657	35	1,24	(0,65-2,35)	2155	133	1,30	(0,93-1,82)	35	2	0,97	(0,23-4,12)
≥55 – <60 dB	2699	153	1,32	(0,75-2,32)	969	51	1,11	(0,74-1,67)	23	2	1,48	(0,34-6,38)
≥60 dB					982	52	1,08	(0,72-1,62)				
≥60 – <65 dB	3816	87	1,28	(0,73-2,24)								
≥65 – <70 dB	2084	54	1,33	(0,75-2,36)								
≥70 dB	162	6	0,61	(0,22-1,75)								
Kontinuierlich (Pro 10 dB)			1,040	(0,871-1,242)			1,033	(0,936-1,141)			0,771	(0,581-1,023)
L_{Night}												
< 40 dB	326	12	1,0	Referenz	4520	238	1,0	Referenz				
<40dB, Max. <50dB (NAT-6) ¹									8885	507	1,0	Referenz
<40dB, Max. ≥50dB									677	28	0,72	(0,48-1,06)
≥40 – <45 dB	733	38	1,38	(0,71-2,70)	2249	133	1,09	(0,88-1,37)	131	9	1,24	(0,62-2,47)
≥45 – <50 dB	3156	181	1,55	(0,85-2,82)	1646	108	1,24	(0,98-1,57)	27	2	1,20	(0,28-5,15)
≥50 – <55 dB	3898	226	1,53	(0,84-2,77)	628	35	1,04	(0,72-1,50)	23	2	1,48	(0,34-6,38)
≥55 – <60 dB	1491	88	1,50	(0,80-2,78)	472	22	0,84	(0,54-1,32)				
≥60 dB	139	3	0,48	(0,13-1,75)	228	12	0,87	(0,48-1,59)				
Kontinuierlich (Pro 10 dB)			1,041	(0,868-1,248)			1,033	(0,936-1,140)			0,807	(0,608-1,071)

	Straßenverkehrslärm				Schienenverkehrslärm				Fluglärm			
	Gesamt	GAD $\geq 10^3$	POR	95%KI	Gesamt	GAD $\geq 10^3$	POR	95%KI	Gesamt	GAD $\geq 10^3$	POR	95%KI
NAT-6²												
< 40 dB					1888	103	1,000	Referenz				
$\geq 40 - < 45$ dB					724	38	0,94	(0,64-1,38)	5429	343	1,00	Referenz
$\geq 45 - < 50$ dB					1436	77	0,98	(0,72-1,33)	3327	171	0,83	(0,69-1,00)
$\geq 50 - < 55$ dB					2028	125	1,09	(0,83-1,44)	518	19	0,59	(0,37-0,95)
$\geq 55 - < 60$ dB					1508	98	1,17	(0,88-1,56)	229	13	0,87	(0,49-1,55)
≥ 60 dB					2021	113	0,99	(0,75-1,30)	109	9	1,39	(0,69-2,79)
Kontinuierlich (Pro 10 dB)							1,010	(0,935-1,091)			0,853	(0,678-1,073)

¹entspricht NAT-6

²Nur NAT-6 Eisenbahnverkehrslärm

³GAD = Generalized Anxiety Disorder (GAD ≥ 10 : Grenzwert für eine klinisch relevante Angstsymptomatik)

Grundmodell adjustiert für: Alter (5-Jahres-Kategorien), Geschlecht und sozioökonomischen Status

Tabelle 72: Querschnittanalyse zu Angststörungen: Prävalenz-Odds-Ratios (POR) der multivariablen logistischen Regressionsanalysen im „Direkte-Effekte-Modell“

	Straßenverkehrslärm				Schienenverkehrslärm				Fluglärm			
	Gesamt	GAD ≥10 ³	POR	95%KI	Gesamt	GAD ≥10 ³	POR	95%KI	Gesamt	GAD ≥10 ³	POR	95%KI
L_{DEN}												
< 40 dB					1101	50	1,00	Referenz				
<40dB, Max. <50dB									8662	495	1,00	Referenz
<40dB, Max. ≥50dB (NAT-6) ¹									206	12	1,05	(0,57-1,94)
≥40 – <45 dB					2039	97	0,97	(0,67-1,39)	644	24	0,73	(0,48-1,13)
≥45 – <50 dB					2497	165	1,30	(0,93-1,83)	173	13	1,55	(0,85-2,81)
< 50 dB	325	14	1,00	Referenz					35	2	1,01	(0,23-4,34)
≥50 – <55 dB	657	35	1,23	(0,64-2,35)	2155	133	1,21	(0,85-1,71)	23	2	1,82	(0,41-8,02)
≥55 – <60 dB	2699	153	1,31	(0,74-2,32)	969	51	1,04	(0,68-1,57)				
≥60 dB	6062	346			982	52	0,92	(0,60-1,42)				
≥60 – <65 dB			1,20	(0,69-2,12)								
≥65 – <70 dB			1,18	(0,66-2,12)								
≥70 dB			0,42	(0,14-1,27)								
Kontinuierlich (Pro 10 dB)			0,966	(0,796-1,173)			0,987	(0,888-1,098)			0,889	(0,644-1,240)
											4	
L_{Night}												
< 40 dB			1,00	Referenz	4520	238	1,00	Referenz				
<40dB, Max. <50dB									8885	507	1,00	Referenz
<40dB, Max. ≥50dB (NAT-6) ¹									677	28	0,79	(0,53-1,19)
≥40 – <45 dB	733	38	1,35	(0,69-2,65)	2249	133	1,05	(0,84-1,32)	131	9	1,36	(0,67-2,76)
≥45 – <50 dB	3156	181	1,45	(0,74-2,85)	1646	108	1,20	(0,94-1,52)	27	2	1,32	(0,30-5,81)
≥50 – <55 dB	3898	226	1,55	(0,85-2,85)	628	35	1,03	(0,71-1,50)	23	2	1,81	(0,41-7,99)
≥55 – <60 dB	1491	88	1,45	(0,79-2,65)	472	22	0,75	(0,47-1,20)				
≥60 dB	139	3	1,29	(0,68-2,45)	228	12	0,67	(0,36-1,25)				
Kontinuierlich (Pro 10 dB)			1,022	(0,837-1,248)			0,999	(0,899-1,111)			0,965	(0,708-1,315)

	Straßenverkehrslärm				Schienenverkehrslärm				Fluglärm			
	Gesamt	GAD ≥10 ³	POR	95%KI	Gesamt	GAD ≥10 ³	POR	95%KI	Gesamt	GAD ≥10 ³	POR	95%KI
NAT-6²												
< 40 dB					1888	103	1,00	Referenz				
≥40 – <45 dB					724	38	0,92	(0,62-1,36)	5429	343	1,00	Referenz
≥45 – <50 dB					1436	77	0,96	(0,70-1,32)	3327	171	0,87	(0,70-1,07)
≥50 – <55 dB					2028	125	1,11	(0,84-1,47)	518	19	0,65	(0,40-1,06)
≥55 – <60 dB					1508	98	1,21	(0,90-1,63)	229	13	0,98	(0,54-1,79)
≥60 dB					2021	113	0,98	(0,73-1,31)	109	9	1,52	(0,73-3,15)
Kontinuierlich (Pro 10 dB)							1,009	(0,932-1,091)			0,954	(0,734-1,217)

¹entspricht NAT-6

²Nur NAT-6 Eisenbahnverkehrslärm

³GAD = Generalized Anxiety Disorder (GAD ≥ 10: Grenzwert für eine klinisch relevante Angstsymptomatik)

„Direkte-Effekte-Modell“ adjustiert für: Alter (5-Jahres-Kategorien), Geschlecht, sozioökonomischen Status (3 Kategorien), BMI (5 Kategorien), Childhood Trauma Score (4 Kategorien), körperliche Aktivität (Kategorien), Luftschadstoffe PM10 und NO₂ (kontinuierlich),

Tabelle 73: Querschnittsanalyse für Angststörungen: Aufwachreaktionen für Eisenbahnverkehrslärm im „Grundmodell“

	Aufwachreaktionen Eisenbahnverkehrslärm			
	Gesamt	GAD $\geq 10^1$	OR	95%KI
0-<1	7904	444	1,00	Referenz
≥ 1 -<2	1371	93	1,21	(0,96-1,53)
≥ 2 -<3	256	14	1,01	(0,58-1,76)
≥ 3	71	2	0,48	(0,12-1,99)

¹GAD = Generalized Anxiety Disorder (GAD ≥ 10 : Grenzwert für eine klinisch relevante Angstsymptomatik)

Grundmodell adjustiert für: Alter (5-Jahres-Kategorien), Geschlecht und sozioökonomischen Status

Tabelle 74: Querschnittsanalyse für Angststörungen: Aufwachreaktionen für Eisenbahnverkehrslärm im „Direkte-Effekte-Modell“

	Aufwachreaktionen Eisenbahnverkehrslärm			
	Gesamt	GAD $\geq 10^1$	OR	95%KI
0-<1	7904	444	1,00	Referenz
≥ 1 -<2	1371	93	1,16	(0,91-1,48)
≥ 2 -<3	256	14	0,98	(0,56-1,71)
≥ 3	71	2	0,52	(0,12-2,15)

¹GAD = Generalized Anxiety Disorder (GAD ≥ 10 : Grenzwert für eine klinisch relevante Angstsymptomatik)

„Direkte-Effekte-Modell“ adjustiert für: Alter (5-Jahres-Kategorien), Geschlecht, sozioökonomischen Status (3 Kategorien), BMI (5 Kategorien), Childhood Trauma Score (4 Kategorien), körperliche Aktivität (Kategorien), Luftschadstoffe PM10 und NO₂ (kontinuierlich)

Tabelle 75: Querschnittsanalyse für Angststörungen: Deskriptive Statistik für die Aufwachreaktion für Fluglärm

Aufwachreaktionen	Keine Angststörung (GAD $< 10^1$)		Angststörung (GAD $\geq 10^1$)	
	n	%	n	%
0	2291	24,9	164	29,3
< 0-<1	6649	72,2	382	68,2
≥ 1 -<2	28	0,3	2	0,36
≥ 2 -<3	0	0	0	0
≥ 3	0	0	0	0
Missings	240	2,6	12	2,1

¹GAD = Generalized Anxiety Disorder (GAD ≥ 10 : Grenzwert für eine klinisch relevante Angstsymptomatik)

4.3.6 Querschnittsanalyse (Sensitivitätsanalyse): Vergleich der lärmbezogenen Risiken für eine Angststörung durch Eisenbahnverkehrslärm und Straßenbahnverkehrslärm

Das Risiko für eine straßenbahnverkehrslärmbedingte Angststörung stieg im Grundmodell signifikant auf 42% bei Lärmpegeln zwischen 45 und 50 dB L_{DEN} (POR=1,42; 95% KI 1,10-1,83, Tabelle 76). Auch in den Pegelklassen von 40 bis 45 dB und von 50 bis 55 dB waren (statistisch nicht signifikant) erhöhte Risiken zu beobachten (≥ 40 -<45 dB: 14% und ≥ 50 -<55 dB: 23%). Für die Straßenbahnverkehrslärmbelastung in der Nacht (22-06 Uhr) fanden sich insgesamt geringere (statistisch nicht signifikante) Risiken für eine Angststörung (Tabelle 76).

Der höchste Risikoschätzer war bei Verkehrslärmpegeln zwischen 45 und 50 dB zu finden (POR=1,17; 95% KI 0,80-1,71). Bei Betrachtung des $L_{max,22-06}$ fanden sich im Grundmodell statistisch signifikante Risikoerhöhungen für eine straßenbahnverkehrslärmbedingte Angststörung von 39% bzw. 35% bei einem $L_{max,22-06}$ von ≥ 50 -<55 dB bzw. ≥ 55 -<60 dB (≥ 50 -<55 dB: POR=1,39; 95% KI 1,05-1,83; ≥ 55 -<60 dB: POR=1,35; 95% KI 1,00-1,84; Tabelle 78). Pro 10 dB Straßenbahnverkehrslärm stieg das Risiko nicht signifikant um 3-4% (L_{DEN} : POR=1,03; 95% KI 0,96-1,12; L_{Night} : POR=1,04; 95% KI 0,96-1,12; $L_{max,22-06}$: POR=1,03; 95% KI 0,97-1,08). Im „Direkte-Effekte-Modell“ zeigte sich ein vergleichbarer Risikoverlauf bei schwach ausgeprägten Risikoerhöhungen.

Das Risiko für eine Angststörung durch Eisenbahnverkehrslärm war insbesondere bei niedrigeren Lärmpegeln von 40 bis 45 dB L_{DEN} erhöht (Tabelle 76). Hier konnte im Grundmodell ein Risikoanstieg von 24% beobachtet werden, der nur knapp die statistische Signifikanz verfehlte (POR=1,24; 95% KI 0,98-1,57). Auch bei Eisenbahnverkehrslärm zwischen 50 und 60 dB werden im Grundmodell (statistisch nicht signifikant) erhöhte Risikoschätzer beobachtet (≥ 50 - <55 dB: POR=1,14; 95% KI 0,87-1,49; ≥ 55 -<60 dB: POR=1,15; 95% KI 0,80-1,67). Für den nächtlichen Eisenbahnverkehrslärm fanden sich höhere Risiken für eine Angststörung insbesondere bei Lärmpegeln von 60 dB und mehr (Tabelle 76). Hier wurde ein (nicht statistisch signifikanter) Risikoanstieg von 26% beobachtet (POR=1,26; 95% KI 0,57-2,76). Allerdings weisen nur 7 Personen im Pegelbereich ab 60 dB Eisenbahnverkehrslärm eine Angststörung auf. Für den $L_{max,22-06}$ fand sich das höchste Risiko bei einer Eisenbahnverkehrslärmbelastung von 45 bis 50 dB (POR=1,20 95% KI 0,88-1,65, Tabelle 76). Es konnte kein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen der Eisenbahnverkehrslärmbelastung und dem Risiko einer Angststörung im linearen Modell festgestellt werden (L_{DEN} : POR=1,02, 95% KI 0,96-1,08; L_{Night} : POR=1,02; 95% KI 0,96-1,09; $L_{max,22-06}$: POR=1,02; 95% KI 0,97-1,07). Im „Direkte Effekte Modell“ zeigen sich ähnliche, teilweise etwas höhere Risikoschätzer (Tabelle 77).

Tabelle 76: Querschnittsanalyse für Angststörungen: Prävalenz-Odds-Ratios (POR) der multivariablen logistischen Regressionsanalysen im „Grundmodell“

	Eisenbahnverkehrslärm				Straßenbahnverkehrslärm				Schienenverkehrslärm (Eisenbahn- und Straßenbahn kombiniert)			
	Gesamt	GAD ≥10	POR	95%KI	Gesamt	GAD ≥10	POR	95%KI	Gesamt	GAD ≥10	POR	95%KI
L_{DEN}												
< 40 dB	3840	196	1,0	Referenz	4397	221	1,0	Referenz	1101	50	1,0	Referenz
≥40 – <45 dB	1865	122	1,24	(0,98-1,57)	2303	135	1,14	(0,92-1,43)	2039	97	1,01	(0,71-1,43)
≥45 – <50 dB	1654	93	1,04	(0,81-1,35)	1261	91	1,42	(1,10-1,83)	2497	165	1,39	(1,00-1,93)
≥50 – <55 dB	1396	83	1,14	(0,87-1,49)	837	54	1,23	(0,90-1,68)	2155	133	1,30	(0,93-1,82)
≥55 – <60 dB	611	36	1,15	(0,80-1,67)	340	16	0,93	(0,55-1,56)	969	51	1,11	(0,74-1,67)
≥60 dB	377	18	0,89	(0,54-1,47)	605	31	0,95	(0,64-1,40)	982	52	1,08	(0,72-1,62)
Kontinuierlich (Pro 10 dB)			1,021	(0,964-1,082)			1,034	(0,957-1,117)			1,033	(0,936-1,141)
L_{Night}												
< 40 dB	6452	355	1,0	Referenz	7659	422	1,0	Referenz	4520	238	1,0	Referenz
≥40 – <45 dB	1484	85	1,03	(0,80-1,32)	928	60	1,13	(0,85-1,50)	2249	133	1,09	(0,88-1,37)
≥45 – <50 dB	1138	72	1,15	(0,88-1,49)	485	31	1,17	(0,80-1,71)	1646	108	1,24	(0,98-1,57)
≥50 – <55 dB	408	24	1,06	(0,69-1,63)	229	14	1,07	(0,62-1,87)	628	35	1,04	(0,72-1,50)
≥55 – <60 dB	163	5	0,53	(0,21-1,30)	326	16	0,84	(0,50-1,40)	472	22	0,84	(0,54-1,32)
≥60 dB	98	7	1,26	(0,57-2,76)	116	5	0,65	(0,26-1,63)	228	12	0,87	(0,48-1,59)
Kontinuierlich (Pro 10 dB)			1,021	(0,959-1,087)			1,039	(0,960-1,124)			1,033	(0,936-1,140)

Grundmodell adjustiert für: Alter (5-Jahres-Kategorien), Geschlecht und sozioökonomischen Status

Tabelle 77: Querschnittsanalyse für Angststörungen: Prävalenz-Odds-Ratios (POR) der multivariablen logistischen Regressionsanalysen im „Direkte-Effekte-Modell“

	Eisenbahnverkehrslärm				Straßenbahnverkehrslärm				Schienenverkehrslärm (Eisenbahn- und Straßenbahnverkehrslärm kombiniert)			
	Gesamt	GAD $\geq 10^1$	POR	95%KI	Gesamt	GAD $\geq 10^1$	POR	95%KI	Gesamt	GAD $\geq 10^1$	POR	95%KI
L_{DEN}												
< 40 dB	3840	196	1,00	Referenz	4397	221	1,00	Referenz	1101	50	1,00	Referenz
$\geq 40 - < 45$ dB	1865	122	1,26	(0,99-1,60)	2303	135	1,08	(0,85-1,37)	2039	97	0,97	(0,67-1,39)
$\geq 45 - < 50$ dB	1654	93	1,04	(0,80-1,35)	1261	91	1,29	(0,98-1,69)	2497	165	1,30	(0,93-1,83)
$\geq 50 - < 55$ dB	1396	83	1,19	(0,91-1,57)	837	54	1,07	(0,77-1,48)	2155	133	1,21	(0,85-1,71)
$\geq 55 - < 60$ dB	611	36	1,15	(0,79-1,68)	340	16	0,86	(0,50-1,48)	969	51	1,04	(0,68-1,57)
≥ 60 dB	377	18	0,89	(0,53-1,47)	605	31	0,77	(0,50-1,20)	982	52	0,92	(0,60-1,42)
Kontinuierlich (Pro 10 dB)			1,021	(0,961-1,084)			0,966	(0,876-1,064)			0,987	(0,888-1,098)
L_{Night}												
< 40 dB	6452	355	1,00	Referenz	7659	422	1,00	Referenz	4520	238	1,00	Referenz
$\geq 40 - < 45$ dB	1484	85	1,04	(0,81-1,34)	928	60	1,01	(0,75-1,35)	2249	133	1,05	(0,84-1,32)
$\geq 45 - < 50$ dB	1138	72	1,16	(0,89-1,53)	485	31	1,05	(0,71-1,55)	1646	108	1,20	(0,94-1,52)
$\geq 50 - < 55$ dB	408	24	1,09	(0,70-1,69)	229	14	1,00	(0,56-1,78)	628	35	1,03	(0,71-1,50)
$\geq 55 - < 60$ dB	163	5	0,54	(0,22-1,34)	326	16	0,71	(0,41-1,22)	472	22	0,75	(0,47-1,20)
≥ 60 dB	98	7	1,21	(0,54-2,69)	116	5	0,43	(0,17-1,10)	228	12	0,67	(0,36-1,25)
Kontinuierlich (Pro 10 dB)			1,022	(0,958-1,090)			0,972	(0,879-1,075)			0,999	(0,899-1,111)

¹GAD = Generalized Anxiety Disorder (GAD ≥ 10 : Grenzwert für eine klinisch relevante Angstsymptomatik)

„Direkte-Effekte-Modell“ adjustiert für: Alter (5-Jahres-Kategorien), Geschlecht, sozioökonomischen Status (3 Kategorien), BMI (5 Kategorien), Childhood Trauma Score (4 Kategorien), körperliche Aktivität (Kategorien), Luftschadstoffe PM10 und NO₂ (kontinuierlich)

Tabelle 78: Querschnittsanalyse für Angststörungen: Prävalenz-Odds-Ratios (POR) der multivariablen logistischen Regressionsanalysen für $L_{max,22-06}$

$L_{max, 22-6h}$	Eisenbahnverkehrslärm				Straßenbahnverkehrslärm				Schienenverkehrslärm (Eisenbahn- und Straßenbahn kombiniert)			
	Gesamt	GAD $\geq 10^1$	POR	95%KI	Gesamt	GAD $\geq 10^1$	POR	95%KI	Gesamt	GAD $\geq 10^1$	POR	95%KI
Grundmodell												
< 40 dB	1194	60	1,00	Referenz	4106	220	1,00	Referenz	524	29	1,00	Referenz
$\geq 40 - < 45$ dB	352	19	1,01	(0,59-1,73)	1151	57	0,93	(0,69-1,25)	264	11	0,75	(0,37-1,54)
$\geq 45 - < 50$ dB	883	43	0,89	(0,60-1,34)	1202	68	1,03	(0,78-1,37)	693	28	0,69	(0,40-1,18)
$\geq 50 - < 55$ dB	2053	131	1,20	(0,88-1,65)	1001	75	1,39	(1,05-1,83)	1819	110	1,06	(0,69-1,63)
$\geq 55 - < 60$ dB	2069	120	1,06	(0,77-1,46)	766	57	1,35	(1,00-1,84)	2258	136	1,02	(0,67-1,55)
$\geq 60 - < 65$ dB	1264	80	1,17	(0,82-1,66)	517	31	1,09	(0,74-1,62)	1604	104	1,11	(0,72-1,70)
$\geq 65 - < 70$ dB	788	47	1,11	(0,75-1,66)	239	13	0,97	(0,54-1,74)	968	58	1,03	(0,65-1,63)
≥ 70 dB	913	48	0,95	(0,64-1,42)	534	27	0,85	(0,56-1,29)	1386	72	0,85	(0,54-1,33)
Kontinuierlich (Pro 10 dB)			1,016	(0,967-1,067)			1,027	(0,973-1,084)			1,015	(0,941-1,094)
„Direkte-Effekte-Modell“												
< 40 dB	1194	60	1,00	Referenz	4106	220	1,00	Referenz	524	29	1,00	Referenz
$\geq 40 - < 45$ dB	352	19	0,96	(0,56-1,65)	1151	57	0,91	(0,67-1,24)	264	11	0,70	(0,34-1,46)
$\geq 45 - < 50$ dB	883	43	0,86	(0,57-1,30)	1202	68	0,95	(0,71-1,27)	693	28	0,64	(0,37-1,11)
$\geq 50 - < 55$ dB	2053	131	1,20	(0,87-1,66)	1001	75	1,28	(0,96-1,71)	1819	110	1,00	(0,65-1,55)
$\geq 55 - < 60$ dB	2069	120	1,07	(0,77-1,49)	766	57	1,20	(0,87-1,66)	2258	136	0,95	(0,62-1,45)
$\geq 60 - < 65$ dB	1264	80	1,20	(0,84-1,71)	517	31	0,98	(0,65-1,46)	1604	104	1,04	(0,67-1,62)
$\geq 65 - < 70$ dB	788	47	1,12	(0,75-1,68)	239	13	0,85	(0,46-1,55)	968	58	0,95	(0,59-1,53)
≥ 70 dB	913	48	0,93	(0,62-1,40)	534	27	0,69	(0,44-1,09)	1386	72	0,74	(0,46-1,17)
Kontinuierlich (Pro 10 dB)			1,011	(0,961-1,064)			0,992	(0,931-1,057)			0,991	(0,918-1,071)

¹GAD = Generalized Anxiety Disorder (GAD ≥ 10 : Grenzwert für eine klinisch relevante Angstsymptomatik)

Grundmodell adjustiert für: Alter (5-Jahres-Kategorien), Geschlecht und sozioökonomischen Status

„Direkte-Effekte-Modell“ adjustiert für: Alter (5-Jahres-Kategorien), Geschlecht, sozioökonomischen Status (3 Kategorien), BMI (5 Kategorien), Childhood Trauma Score (4 Kategorien), körperliche Aktivität (Kategorien), Luftschadstoffe PM10 und NO₂ (kontinuierlich)

4.3.7 Querschnittsanalyse: Ergebnisse zum Zusammenhang zwischen einer kognitiven Beeinträchtigung und Verkehrslärm

Für die Analyse des Zusammenhangs zwischen einer kognitiven Beeinträchtigung mit der Verkehrslärmexposition stand nur eine kleine Stichprobe zur Verfügung (siehe Kapitel 4.3.1.3). Aufgrund dessen ist die Aussagekraft dieser Analyse (Power) stark begrenzt. Alle "Direkten-Effekte-Modelle" litten unter Multikollinearität, was dazu führte, dass einige Kategorien der Lärmbelastung und Adjustierungsfaktoren in den Modellen wegfielen. Nur zwei Personen gaben an, eine Bypass-Operation gehabt zu haben, sodass diese Variable nicht in den "Direkte-Effekte"-Modellen berücksichtigt werden konnte.

Für den Straßenverkehrslärm erreichte keine der mit dem Grundmodell oder dem „Direkte-Effekte-Modell“ berechneten Schätzungen statistische Signifikanz. Selbst der vergleichsweise hohe Risikoanstieg von 21% pro 10 dB L_{DEN} Straßenverkehrslärm bzw. von 25% pro 10 dB nächtlichem Straßenverkehrslärm erreichte keine statistische Signifikanz. Tabelle 79 dies illustriert die deutlich eingeschränkte Power dieser Analyse.

Auch beim Schienenverkehrslärm waren die Risikoschätzer statistisch nicht signifikant erhöht. Hier zeichneten sich die höchsten Risiken bei einer Schienenverkehrslärmbelastung von 40 bis 45 dB für den L_{DEN} (POR=1,65; 95% KI 0,95-2,86) und NAT-6 (POR=1,23; 95% KI 0,65-2,33) bzw. ab 60 dB für den L_{Night} (POR=2,14; 95% KI 0,76-6,00) ab. Es wurde kein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen eisenbahnlärmbedingten Aufwachreaktionen und kognitiven Beeinträchtigungen gefunden. Die höchsten Risikoschätzer wurden bei 3 und mehr Aufwachreaktionen beobachtet (POR=2,14; 95% KI 0,52-8,77, Tabelle 82).

Pro 10 dB Schienenverkehrslärm stieg das Risiko für eine kognitive Beeinträchtigung (statistisch nicht signifikant) um 3-4% (Tabelle 79). Im „Direkte-Effekte-Modell“ waren die Risikoschätzer vergleichbar hoch (Tabelle 80).

Beim Fluglärm ist aufgrund der deutlich geringeren Expositionsprävalenz von einer noch deutlich geringeren Power als beim Straßen- und Schienenverkehrslärm auszugehen. Lediglich eine Person ohne kognitive Störung war durch eine zusätzliche fluglärmbedingte Aufwachreaktion gekennzeichnet (Tabelle 83).

Das Risiko für eine kognitive Beeinträchtigung stieg (statistisch nicht signifikant) um 16% pro 10 dB L_{DEN} bzw. 20% pro 10 dB L_{Night} . Im „Direkte-Effekte-Modell“ erhöhten sich die Risiken um (statistisch nicht signifikant) 37% pro 10 dB L_{DEN} bzw. 36% pro 10 dB L_{Night} .

Tabelle 79: Querschnittsanalyse für kognitive Beeinträchtigung: Prävalenz-Odds-Ratios (POR) der multivariablen logistischen Regressionsanalysen im „Grundmodell“

	Straßenverkehrslärm				Schienenverkehrslärm				Fluglärm			
	Gesamt	MCI ³	POR	95%KI	Gesamt	MCI ³	POR	95%KI	Gesamt	MCI ³	POR	95%KI
L_{DEN}												
< 40 dB					120	22	1,0	Referenz				
<40dB, Max. <50dB									946	208	1,0	Referenz
<40dB, Max. ≥50dB (NAT-6) ¹									17	1	0,21	(0,03-1,63)
≥40 – <45 dB					236	64	1,65	(0,95-2,86)	73	17	1,16	(0,66-2,05)
≥45 – <50 dB					263	47	0,96	(0,54-1,68)	12	2	0,72	(0,16-3,35)
<50 dB	37	9	1,0	Referenz					4	2	4,08	(0,56-29,53)
≥50 – <55 dB	111	17	0,56	(0,23-1,41)	234	52	1,26	(0,72-2,20)				
≥55 – <60 dB	342	76	0,92	(0,41-2,04)	105	24	1,30	(0,68-2,50)				
≥60 dB					94	21	1,28	(0,65-2,52)				
≥60 – <65 dB	384	83	0,87	(0,39-1,92)								
≥65 – <70 dB	170	42	1,08	(0,47-2,48)								
≥70 dB	8	3	2,11	(0,41-10,83)								
Kontinuierlich (Pro 10 dB)			1,210	(0,890-1,645)			1,035	(0,861-1,245)			1,163	(0,716-1,887)
L_{Night}												
< 40 dB	37	10	1,0	Referenz	517	115	1,0	Referenz				
<40dB, Max. <50dB									969	210	1,0	Referenz
<40dB, Max. ≥50dB (NAT-6) ¹									71	17	1,16	(0,66-2,06)
≥40 – <45 dB	118	16	0,42	(0,17-1,04)	227	47	0,91	(0,62-1,34)	10	3	1,67	(0,42-6,59)
≥45 – <50 dB	396	84	0,73	(0,34-1,58)	180	42	1,06	(0,71-1,59)	2	0	-	-
≥50 – <55 dB	380	91	0,86	(0,40-1,85)	65	14	0,93	(0,49-1,75)	0	0	-	-
≥55 – <60 dB	112	26	0,86	(0,37-2,03)	46	6	0,51	(0,21-1,24)				
≥60 dB	9	3	1,46	(0,30-7,07)	17	6	2,14	(0,76-6,00)				

	Straßenverkehrslärm				Schienenverkehrslärm				Fluglärm			
	Gesamt	MCI ³	POR	95%KI	Gesamt	MCI ³	POR	95%KI	Gesamt	MCI ³	POR	95%KI
Kontinuierlich (Pro 10 dB)			1,254	(0,913-1,723)			1,031	(0,862-1,234)			1,202	(0,730-1,979)
NAT-6²												
< 40 dB					190	41	1,00	Referenz				
≥40 – <45 dB					71	18	1,23	(0,65-2,33)	610	133	1,00	Referenz
≥45 – <50 dB					176	42	1,10	(0,67-1,80)	370	68	0,79	(0,57-1,09)
≥50 – <55 dB					245	49	0,93	(0,58-1,48)	59	12	0,91	(0,47-1,78)
≥55 – <60 dB					161	22	0,58	(0,33-1,02)	20	5	1,15	(0,41-3,26)
≥60 dB					220	48	1,03	(0,64-1,66)	4	2	3,79	(0,52-27,57)
Kontinuierlich (Pro 10 dB)							1,001	(0,876-1,144)			1,04	(0,680-1,597)

¹entspricht NAT-6

²Nur NAT-6 Eisenbahnverkehrslärm

³MCI = leichte kognitive Beeinträchtigungen

Grundmodell adjustiert für: Alter (5-Jahres-Kategorien), Geschlecht und sozioökonomischen Status

Tabelle 80: Querschnittsanalyse für kognitive Beeinträchtigung: Prävalenz-Odds-Ratios (POR) der multivariablen logistischen Regressionsanalysen im „Direkten-Effekte-Modell“

	Straßenverkehrslärm				Schienenverkehrslärm				Fluglärm			
	Gesamt	MCI ³	POR	95%KI	Gesamt	MCI ³	POR	95%KI	Gesamt	MCI ³	POR	95%KI
L_{DEN}												
< 40 dB					120	22	1,0	Referenz				
<40dB, Max. <50dB									946	208	1,0	Referenz
<40dB, Max. ≥50dB (NAT-6) ¹									17	1	0,22	(0,03-1,67)
≥40 – <45 dB					236	64	1,64	(0,93-2,92)	73	17	1,33	(0,72-2,45)
≥45 – <50 dB					263	47	0,94	(0,52-1,69)	12	2	0,92	(0,19-4,40)
< 50 dB	37	9	1,0	Referenz					4	2	4,19	(0,55-31,75)
≥50 – <55 dB	111	17	0,60	(0,23-1,53)	234	52	1,27	(0,71-2,30)				
≥55 – <60 dB	342	76	0,91	(0,40-2,07)	105	24	1,31	(0,67-2,58)				
≥60 dB					94	21	1,31	(0,63-2,69)				
≥60 – <65 dB	384	83	0,92	(0,41-2,07)								
≥65 – <70 dB	170	42	1,15	(0,48-2,71)								
≥70 dB	8	3	2,42	(0,42-13,81)								
Kontinuierlich (Pro 10 dB)			1,244	(0,894-1,732)			1,042	(0,856-1,267)			1,368	(0,760-2,460)
L_{Night}												
< 40 dB	37	10	1,0	Referenz	517	115	1,0	Referenz				
<40dB, Max. <50dB									969	210	1,0	Referenz
<40dB, Max. ≥50dB (NAT-6) ¹									71	17	1,30	(0,72-2,37)
≥40 – <45 dB	118	16	0,43	(0,17-1,10)	227	47	0,91	(0,62-1,35)	10	3	2,09	(0,51-8,52)
≥45 – <50 dB	396	84	0,72	(0,33-1,59)	180	42	1,06	(0,70-1,60)	2	0	-	-
≥50 – <55 dB	380	91	0,91	(0,41-2,00)	65	14	0,99	(0,52-1,90)	0	0	-	-
≥55 – <60 dB	112	26	0,93	(0,38-2,26)	46	6	0,48	(0,19-1,20)				
≥60 dB	9	3	1,53	(0,28-8,26)	17	6	2,16	(0,75-6,24)				
Kontinuierlich (Pro 10 dB)			1,299	(0,920-1,834)			1,038	(0,859-1,254)			1,355	(0,770-2,386)

	Straßenverkehrslärm				Schienenverkehrslärm				Fluglärm			
	Gesamt	MCI ³	POR	95%KI	Gesamt	MCI ³	POR	95%KI	Gesamt	MCI ³	POR	95%KI
NAT-6												
< 40 dB					190	41	1,00	Referenz				
≥40 – <45 dB					71	18	1,23	(0,55-2,17)	610	133	1,00	Referenz
≥45 – <50 dB					176	42	1,10	(0,65-1,87)	370	68	0,79	(0,55-1,14)
≥50 – <55 dB					245	49	0,93	(0,57-1,52)	59	12	0,96	(0,47-1,95)
≥55 – <60 dB					161	22	0,58	(0,29-0,96)	20	5	1,41	(0,48-4,17)
≥60 dB					220	48	1,03	(0,64-1,74)	4	2	3,56	(0,47-27,17)
Kontinuierlich (Pro 10 dB)							1,002	(0,871-1,152)			1,162	(0,721-1,873)

¹entspricht NAT-6

²Nur NAT-6 Eisenbahnverkehrslärm

³MCI = leichte kognitive Beeinträchtigungen

„Direkte-Effekte-Modell“ adjustiert für: Alter (5-Jahres-Kategorien), Geschlecht, sozioökonomischen Status (3 Kategorien), BMI (5 Kategorien), Bluthochdruck, Schlaganfall, Diabetes, körperliche Aktivität (Kategorien), Luftschadstoffe PM10 und NO₂ (kontinuierlich), soziale Unterstützung/Netzwerk (4 Kategorien), Rauchen (7 Kategorien), Passivrauchen (2 Kategorien) (Aufgrund der geringeren Datenmenge und Multikollinearität wurde Bypass_OP nicht berücksichtigt.)

Tabelle 81: Querschnittsanalyse für kognitive Beeinträchtigung: Aufwachreaktionen der multivariablen logistischen Regression für Eisenbahnverkehrslärm im „Grundmodell“

	Aufwachreaktionen Eisenbahnverkehrslärm			
	Gesamt	MCI ¹	OR	95%KI
0-<1	853	173	1,00	Referenz
≥ 1-<2	170	35	1,04	(0,69-1,57)
≥ 2-<3	30	8	1,38	(0,60-3,17)
≥ 3	9	3	2,14	(0,52-8,77)

¹MCI = leichte kognitive Beeinträchtigungen

Grundmodell adjustiert für: Alter (5-Jahres-Kategorien), Geschlecht und sozioökonomischen Status

Tabelle 82: Querschnittsanalyse für kognitive Beeinträchtigung: Aufwachreaktionen der multivariablen logistischen Regression für Eisenbahnverkehrslärm im „Direkte-Effekte-Modell“

	Aufwachreaktionen Eisenbahnverkehrslärm			
	Gesamt	MCI ¹	OR	95%KI
0-<1	853	173	1,00	Referenz
≥ 1-<2	170	35	1,02	(0,67-1,55)
≥ 2-<3	30	8	1,29	(0,54-3,07)
≥ 3	9	3	2,24	(0,53-9,42)

¹MCI = leichte kognitive Beeinträchtigungen

„Direkte-Effekte-Modell“ adjustiert für: Alter (5-Jahres-Kategorien), Geschlecht, sozioökonomischen Status (3 Kategorien), BMI (5 Kategorien), Bluthochdruck, Schlaganfall, Diabetes, körperliche Aktivität (Kategorien), Luftschadstoffe PM10 und NO₂ (kontinuierlich), soziale Unterstützung/Netzwerk (4 Kategorien), Rauchen (7 Kategorien), Passivrauchen (2 Kategorien) (Aufgrund der geringeren Datenmenge und Multikollinearität wurde Bypass-OP nicht berücksichtigt.)

Tabelle 83: Querschnittsanalyse für kognitive Beeinträchtigung: Deskriptive Statistik für die Aufwachreaktion für Fluglärm

Aufwachreaktionen	Keine kognitive Beeinträchtigung		kognitive Beeinträchtigung	
	n	%	n	%
0	204	24,3	52	21,9
< 0-<1	617	73,4	178	75,1
≥ 1-<2	1	0,1	0	0
≥ 2-<3	0	0	0	0
≥ 3	0	0	0	0
Missings	19	2,3	7	2,9

4.3.8 Querschnittsanalyse (Sensitivitätsanalyse): vergleich der lärmbedingten Risiken für eine kognitive Beeinträchtigung durch Eisenbahnverkehrslärm und Straßenbahnverkehrslärm

Das Risiko für eine kognitive Beeinträchtigung war statistisch signifikant bei einem nächtlichen Eisenbahnverkehrslärmpegel von über 60 dB erhöht (Grundmodell: POR=3,86; 95% KI 1,08-13,77, Tabelle 84; "Direkte Effekte Modell": POR=4,19; 95% KI 1,12-15,65, Tabelle 85). Für den $L_{\max,22-06}$ fand sich eine statistisch signifikante Risikoerhöhung bei einer Eisenbahnverkehrslärmbelastung von 40 bis 45 dB (Grundmodell: POR=2,83; 95% KI 1,16-6,86; "Direkte Effekte Modell": POR=2,71; 95% KI 1,10-6,72, Tabelle 86). In den linearen Modellen zeigten sich keine Risikoerhöhungen. Für den L_{DEN} lagen die Risikoschätzer tendenziell niedriger als beim nächtlichen Eisenbahnlärm.

Für den Zusammenhang zwischen der Straßenbahnverkehrslärmbelastung und dem Risiko für eine kognitive Beeinträchtigung ergab sich bei geringeren Felderbelegungen als beim Eisenbahnlärm kein statistisch signifikanter Zusammenhang für die betrachteten Lärmparameter – weder im Grundmodell noch im „Direkte Effekte Modell“ (Tabelle 85 und Tabelle 86).

Tabelle 84: Querschnittsanalyse für kognitive Beeinträchtigung: Prävalenz-Odds-Ratios (POR) der multivariablen logistischen Regressionsanalysen im „Grundmodell“

	Eisenbahnverkehrslärm				Straßenbahnverkehrslärm				Schienenverkehrslärm (Eisenbahn- und Straßenbahn kombiniert)			
	Gesamt	MCI ¹	POR	95%KI	Gesamt	MCI ¹	POR	95%KI	Gesamt	MCI ¹	POR	95%KI
L_{DEN}												
< 40 dB	406	89	1,0	Referenz	478	100	1,0	Referenz	120	22	1,0	Referenz
≥40 – <45 dB	215	56	1,27	(0,86-1,87)	274	60	1,05	(0,73-1,51)	236	64	1,65	(0,95-2,86)
≥45 – <50 dB	160	27	0,73	(0,45-1,18)	127	33	1,33	(0,84-2,10)	263	47	0,96	(0,54-1,68)
≥50 – <55 dB	164	31	0,82	(0,52-1,30)	86	21	1,21	(0,70-2,09)	234	52	1,26	(0,72-2,20)
≥55 – <60 dB	61	14	1,09	(0,57-2,09)	38	8	0,96	(0,43-2,17)	105	24	1,30	(0,68-2,50)
≥60 dB	46	13	1,43	(0,72-2,86)	49	8	0,73	(0,33-1,62)	94	21	1,28	(0,65-2,52)
Kontinuierlich (Pro 10 dB)			0,994	(0,908-1,088)			1,033	(0,890-1,199)			1,035	(0,861-1,245)
L_{Night}												
< 40 dB	701	157	1,0	Referenz	853	185	1,0	Referenz	517	115	1,0	Referenz
≥40 – <45 dB	152	27	0,76	(0,48-1,19)	92	25	1,31	(0,80-2,15)	227	47	0,91	(0,62-1,34)
≥45 – <50 dB	128	27	0,92	(0,58-1,47)	53	13	1,17	(0,61-2,24)	180	42	1,06	(0,71-1,59)
≥50 – <55 dB	38	10	1,20	(0,57-2,54)	24	4	0,71	(0,24-2,11)	65	14	0,93	(0,49-1,75)
≥55 – <60 dB	23	4	0,72	(0,24-2,15)	24	2	0,32	(0,07-1,38)	46	6	0,51	(0,21-1,24)
≥60 dB	10	5	3,86	(1,08-13,77)	6	1	0,80	(0,09-7,01)	17	6	2,14	(0,76-6,00)
Kontinuierlich (Pro 10 dB)			0,994	(0,899-1,098)			1,022	(0,879-1,189)			1,031	(0,862-1,234)

¹MCI = leichte kognitive Beeinträchtigungen

Grundmodell adjustiert für: Alter (5-Jahres-Kategorien), Geschlecht und sozioökonomischen Status

Tabelle 85: Querschnittsanalyse für kognitive Beeinträchtigung: Prävalenz-Odds-Ratios (POR) der multivariablen logistischen Regressionsanalysen im „Direkte-Effekte-Modell“

	Eisenbahnverkehrslärm				Straßenbahnverkehrslärm				Schienenverkehrslärm (Eisenbahn- und Straßenbahn kombiniert)			
	Gesamt	MCI ³	POR	95%KI	Gesamt	MCI ³	POR	95%KI	Gesamt	MCI ³	POR	95%KI
L_{DEN}												
< 40 dB	406	89	1,0	Referenz	478	100	1,0	Referenz	120	22	1,0	Referenz†
≥40 – <45 dB	215	56	1,28	(0,86-1,90)	274	60	1,05	(0,72-1,55)	236	64	1,64	(0,93-2,92)
≥45 – <50 dB	160	27	0,68	(0,42-1,12)	127	33	1,35	(0,83-2,21)	263	47	0,94	(0,52-1,69)
≥50 – <55 dB	164	31	0,85	(0,53-1,36)	86	21	1,17	(0,66-2,07)	234	52	1,27	(0,71-2,30)
≥55 – <60 dB	61	14	1,09	(0,56-2,11)	38	8	0,98	(0,42-2,28)	105	24	1,31	(0,67-2,58)
≥60 dB	46	13	1,57	(0,76-3,22)	49	8	0,66	(0,28-1,57)	94	21	1,31	(0,63-2,69)
Kontinuierlich (Pro 10 dB)			0,993	(0,904-1,091)			1,037	(0,866-1,243)			1,042	(0,856-1,267)
L_{Night}												
< 40 dB	701	157	1,0	Referenz	853	185	1,0	Referenz	517	115	1,0	Referenz
≥40 – <45 dB	152	27	0,77	(0,49-1,23)	92	25	1,24	(0,75-2,06)	227	47	0,91	(0,62-1,35)
≥45 – <50 dB	128	27	0,91	(0,57-1,47)	53	13	1,20	(0,61-2,34)	180	42	1,06	(0,70-1,60)
≥50 – <55 dB	38	10	1,24	(0,57-2,68)	24	4	0,70	(0,23-2,15)	65	14	0,99	(0,52-1,90)
≥55 – <60 dB	23	4	0,79	(0,26-2,42)	24	2	0,25	(0,06-1,13)	46	6	0,48	(0,19-1,20)
≥60 dB	10	5	4,19	(1,12-15,65)	6	1	0,69	(0,07-6,41)	17	6	2,16	(0,75-6,24)
Kontinuierlich (Pro 10 dB)			0,994	(0,896-1,102)			1,023	(0,853-1,228)			1,038	(0,859-1,254)

Direkte-Effekte-Modell adjustiert für: Alter (5-Jahres-Kategorien), Geschlecht, sozioökonomischen Status (3 Kategorien), BMI (5 Kategorien), Bluthochdruck, Schlaganfall, Diabetes, körperliche Aktivität (Kategorien), Luftschadstoffe PM10 und NO₂ (kontinuierlich), soziale Unterstützung/Netzwerk (4 Kategorien), Rauchen (7 Kategorien), Passivrauchen (2 Kategorien) (Aufgrund der geringeren Datenmenge und Multikollinearität wurde Bypass_OP nicht berücksichtigt.)

Tabelle 86: Querschnittsanalyse für kognitive Beeinträchtigung: Prävalenz-Odds-Ratios (POR) der multivariablen logistischen Regressionsanalysen für

$L_{max,22-06}$

$L_{max, 22-6h}$	Eisenbahnverkehrslärm				Straßenbahnverkehrslärm				Schienenverkehrslärm (Eisenbahn- und Straßenbahn kombiniert)			
	Gesamt	MCI ¹	POR	95%KI	Gesamt	MCI ¹	POR	95%KI	Gesamt	MCI ¹	POR	95%KI
Grundmodell												
< 40 dB	135	28	1,0	Referenz	459	100	1,0	Referenz	59	14	1,0	Referenz
≥40 – <45 dB	27	11	2,83	(1,16-6,86)	142	30	0,97	(0,61-1,54)	30	10	1,61	(0,61-4,29)
≥45 – <50 dB	98	22	1,11	(0,59-2,09)	145	35	1,16	(0,74-1,80)	86	20	0,96	(0,44-2,11)
≥50 – <55 dB	241	53	1,07	(0,64-1,81)	104	23	1,04	(0,62-1,74)	221	49	0,89	(0,45-1,76)
≥55 – <60 dB	234	52	1,10	(0,65-1,85)	84	22	1,23	(0,72-2,11)	248	55	0,89	(0,45-1,76)
≥60-<65 dB	138	21	0,69	(0,37-1,30)	53	11	0,97	(0,48-1,97)	173	31	0,70	(0,34-1,43)
≥65-<70 dB	80	19	1,20	(0,62-2,34)	21	4	0,77	(0,25-2,35)	95	22	0,93	(0,43-2,02)
≥70dB	99	24	1,24	(0,66-2,31)	44	5	0,47	(0,18-1,23)	140	29	0,83	(0,40-1,73)
Kontinuierlich (Pro 10 dB)			0,99	(0,92-1,07)			1,03	(0,93-1,14)			0,94	(0,82-1,08)
„Direkte-Effekte-Modell“												
< 40 dB	135	28	1,0	Referenz	459	100	1,0	Referenz	59	14	1,0	Referenz
≥40 – <45 dB	27	11	2,71	(1,10-6,72)	142	30	0,99	(0,62-1,60)	30	10	1,63	(0,60-4,43)
≥45 – <50 dB	98	22	1,05	(0,54-2,03)	145	35	1,12	(0,71-1,78)	86	20	0,81	(0,36-1,83)
≥50 – <55 dB	241	53	1,06	(0,62-1,82)	104	23	0,99	(0,57-1,70)	221	49	0,82	(0,40-1,66)
≥55 – <60 dB	234	52	1,06	(0,62-1,82)	84	22	1,17	(0,67-2,06)	248	55	0,80	(0,39-1,62)
≥60-<65 dB	138	21	0,67	(0,35-1,29)	53	11	0,91	(0,44-1,90)	173	31	0,64	(0,30-1,34)
≥65-<70 dB	80	19	1,15	(0,58-2,30)	21	4	0,77	(0,24-2,43)	95	22	0,86	(0,39-1,91)
≥70dB	99	24	1,29	(0,68-2,46)	44	5	0,39	(0,14-1,09)	140	29	0,79	(0,37-1,68)
Kontinuierlich (Pro 10 dB)			0,99	(0,92-1,07)			1,03	(0,92-1,16)			0,94	(0,82-1,08)

¹MCI = leichte kognitive Beeinträchtigungen

Grundmodell adjustiert für: Alter (5 Jahres Kategorien), Geschlecht und sozioökonomischen Status

„Direkte-Effekte-Modell“ adjustiert für: Alter (5 Jahres-Kategorien), Geschlecht, sozioökonomischen Status (3 Kategorien), BMI (5 Kategorien), Bluthochdruck, Schlaganfall, Diabetes, körperliche Aktivität (Kategorien), Luftschadstoffe PM10 und NO₂ (kontinuierlich), soziale Unterstützung/Netzwerk (4 Kategorien), Rauchen (7 Kategorien), Passivrauchen (2 Kategorien) (Aufgrund der geringeren Datenmenge und Multikollinearität wurde Bypass_OP nicht berücksichtigt.)

4.3.9 Zusammenfassung der Ergebnisse aus der Querschnittsbetrachtung

Etwa 6,4% der LIFE Teilnehmenden bzw. 5,6% hatten eine Depression (gemäß CES-D \geq 23) bzw. Angststörung (gemäß GAD \geq 10). Dabei waren Frauen erwartungsgemäß häufiger betroffen als Männer (etwa 2,5 Frauen : 1 Mann). Über 30% der Teilnehmenden mit Depression/Angststörung wiesen einen niedrigen Sozialstatus auf gegenüber etwa 18% der Personen ohne Depression/Angststörung. LIFE-Probanden mit einer Depression/Angststörung waren häufiger durch eine geringe körperliche Aktivität gekennzeichnet und berichteten deutlich häufiger traumatische Kindheitserlebnisse als Personen ohne eine entsprechende Symptomatik.

In der Baseline-Erhebung fand sich in der Studienpopulation lediglich ein Fall mit einer klinisch diagnostizierten Demenz. Somit wurde das Outcome auf kognitive Beeinträchtigung (entweder eine milde kognitive Beeinträchtigung (MCI) oder eine neurokognitive Störung (NCD)) erweitert. In die Analyse der kognitiven Beeinträchtigungen wurden nur Probanden, die älter als 60 Jahre waren, einbezogen. Davon wurde bei 22% eine kognitive Beeinträchtigung diagnostiziert. Es konnten keine geschlechtsspezifischen Unterschiede zwischen Personen mit und ohne kognitive Beeinträchtigung beobachtet werden. Erwartungsgemäß nahm der Anteil der Personen mit kognitiver Beeinträchtigung mit zunehmendem Alter zu. Dementsprechend waren mehr Personen mit kognitiver Beeinträchtigung durch Komorbiditäten (Bluthochdruck und Diabetes) gekennzeichnet. Teilnehmende ohne kognitive Beeinträchtigung wiesen tendenziell häufiger einen hohen sozioökonomischen Status und hohe soziale Unterstützung auf als Personen mit einer kognitiven Beeinträchtigung.

Auf der Grundlage der Basisbefragung der LIFE-Probanden fanden sich im querschnittlichen Grundmodell (adjustiert für Alter, Geschlecht und sozioökonomischen Status) erhöhte Depressionsrisiken bei Exposition gegenüber Straßenverkehrslärm sowie Schienenverkehrslärm. Die Risikosteigerung pro 10 dB L_{DEN} betrug beim Straßenverkehrslärm 19% und beim Schienenverkehrslärm 13%; dabei verfehlte der Risikoanstieg beim Straßenverkehrslärm knapp die statistische Signifikanz. Die Risikoschätzer für den nächtlichen Straßen- und Schienenverkehrslärm waren vergleichbar hoch. Eine mögliche Erklärung für die statistisch unsicheren Ergebnisse beim Straßenverkehrslärm verglichen mit den Ergebnissen des Schienenverkehrslärms könnte darin liegen, dass beim Straßenverkehrslärm in der generell lauten städtischen Umgebung keine „straßenlärmfreie“ Referenzgruppe vorzufinden war. Aufgrund der sehr geringen Zahl der Leipziger Probanden, die einem Straßenverkehrslärm von unter 50 dB ausgesetzt waren, mussten alle Lärmpegel unterhalb von 50 dB zu einer – weiterhin gering besetzten – Kategorie zusammengefasst werden. Dies könnte in der Tendenz zu einer Unterschätzung der straßenlärmbedingten Depressionsrisiken geführt haben. In einer Sensitivitätsanalyse wurde das Gesundheitsrisiko von Schienenverkehrslärm getrennt für Eisenbahn- und Straßenbahnverkehrslärm betrachtet. Hier zeigte sich, dass ein erhöhtes Depressionsrisiko insbesondere durch die Straßenbahnverkehrslärmbelastung bestand: Das Risiko für eine Depression stieg um 18% pro 10 dB L_{DEN} bzw. L_{Night} . In einer weiteren Sensitivitätsanalyse wurde der Zusammenhang zwischen dem Depressionsrisiko und dem nächtlichen Maximalpegel (L_{Night}) für Schienenverkehrslärm (kombiniert/ getrennt) betrachtet. Auch hier zeigte sich ein erhöhtes Depressionsrisiko insbesondere für den nächtlichen Maximalpegel des Straßenbahnverkehrslärms: pro 10 dB höherem nächtlichen Maximalpegel des Straßenbahnverkehrslärms stieg das Risiko um 11%.

Im „Direkte-Effekte-Modell“ wurden zusätzlich der Body-Mass-Index (BMI), Traumata in der Kindheit, körperliche Aktivität, Feinstaub (PM₁₀) und Stickoxide (NO₂) in den Regressionsmodellen berücksichtigt. Das „Direkte-Effekte-Modell“ soll die unmittelbaren – „direkten“ – Effekte des Verkehrslärms auf die Entstehung einer Erkrankung abschätzen. Sofern beispielsweise eine Lärmexposition zu einer verringerten körperlichen Aktivität (beispielsweise, weil das Ausüben sportlicher Aktivitäten aufgrund der lauten Wohnumgebung als unangenehm empfunden wird) oder zu einem erhöhten Körpergewicht (beispielsweise vermittelt über Stresshormone) führen sollte, würden diese indirekten Lärmeffekte im

„Direkte-Effekte-Modell“ gewissermaßen herausgerechnet. Insofern ist es erklärlich, dass die straßen- und schienenverkehrslärmbezogenen Risikoschätzer des „Direkte-Effekte-Modells“ gegenüber dem Grundmodell geringer ausfallen.

Es wurden bei geringen Fallzahlen keine erhöhten (vielmehr im Grundmodell erniedrigte) Depressionsrisiken bei Exposition gegenüber Fluglärm gefunden. Im Grundmodell waren überwiegend erniedrigten Depressionsrisiken beim Fluglärm zu beobachten – die allerdings im „Direkte-Effekte-Modell“ ihre statistische Signifikanz verloren. Ein möglicher Erklärungsansatz ist der Einbezug der Luftschadstoffe in das „Direkte-Effekte-Modell“. Es gibt wissenschaftliche Evidenz für den Zusammenhang zwischen der Luftschadstoffbelastung und dem Risiko für eine Depression (z.B. Braithwaite et al. 2019). Der Flughafen Leipzig befindet sich im äußeren Stadtgebiet und ist von unbebauten Flächen umgeben. Hier sind auch verschiedene Naherholungsgebiete und Seen der Leipziger Seenlandschaft in unmittelbarer Nähe, die die psychische Befindlichkeit positiv beeinflussen könnten. Weiterhin wäre es möglich, dass die Anwohner, die verglichen mit den Stadtbewohnern, häufiger in Einfamilienhäusern mit Grundstück leben, eine bessere Wohnqualität haben und mehr von Lärmschutzmaßnahmen profitieren als Personen im innerstädtischen Gebiet. Mittels der Längsschnittuntersuchung, wo Lärmschutzmaßnahmen und Lärmbefindlichkeiten detaillierter erfragt werden, soll dieser Ansatz geprüft werden.

Das Risiko einer Angststörung stieg bei einer Schienenverkehrslärmbelastung zwischen 45 und 50 dB L_{DEN} um etwa 39%. Mittels der Sensitivitätsanalyse konnte gezeigt werden, dass insbesondere die Belastung gegenüber Straßenbahnverkehrslärm mit erhöhten Risiken für eine Angststörung verbunden war. Hier war eine Risikoerhöhung von 42% bei Pegeln zwischen 45 und 50 dB L_{DEN} bzw. 35%-39% bei nächtlichen Maximalpegeln ($L_{max,22-06}$) zwischen 50 und 60 dB zu finden. Für den Zusammenhang zwischen dem L_{Night} und dem Risiko einer Angststörung wurden insgesamt geringere Risikoschätzer beobachtet. Auch für den Straßenverkehrslärm wurden z.T. erhöhte Risikoschätzer gefunden, die jedoch keine statistische Signifikanz erreichten. Für den Straßenverkehrslärm fanden sich erhöhte (statistisch nicht signifikante) Risiken in allen Pegelklassen zwischen 50 und 70 dB für den L_{DEN} bzw. zwischen 40 und 60 dB für den L_{Night} . Die Ergebnisse des Grundmodells konnten im „Direkte Effekte Modell“ repliziert werden, wenngleich die Risikoschätzer etwas geringer ausfielen. Für den Fluglärm sind belastbare Aussagen aufgrund der niedrigen Felderbelegungen kaum möglich. In der kontinuierlichen Betrachtung konnte kein Zusammenhang zwischen der Fluglärmexposition und dem Vorhandensein einer Angststörung beobachtet werden.

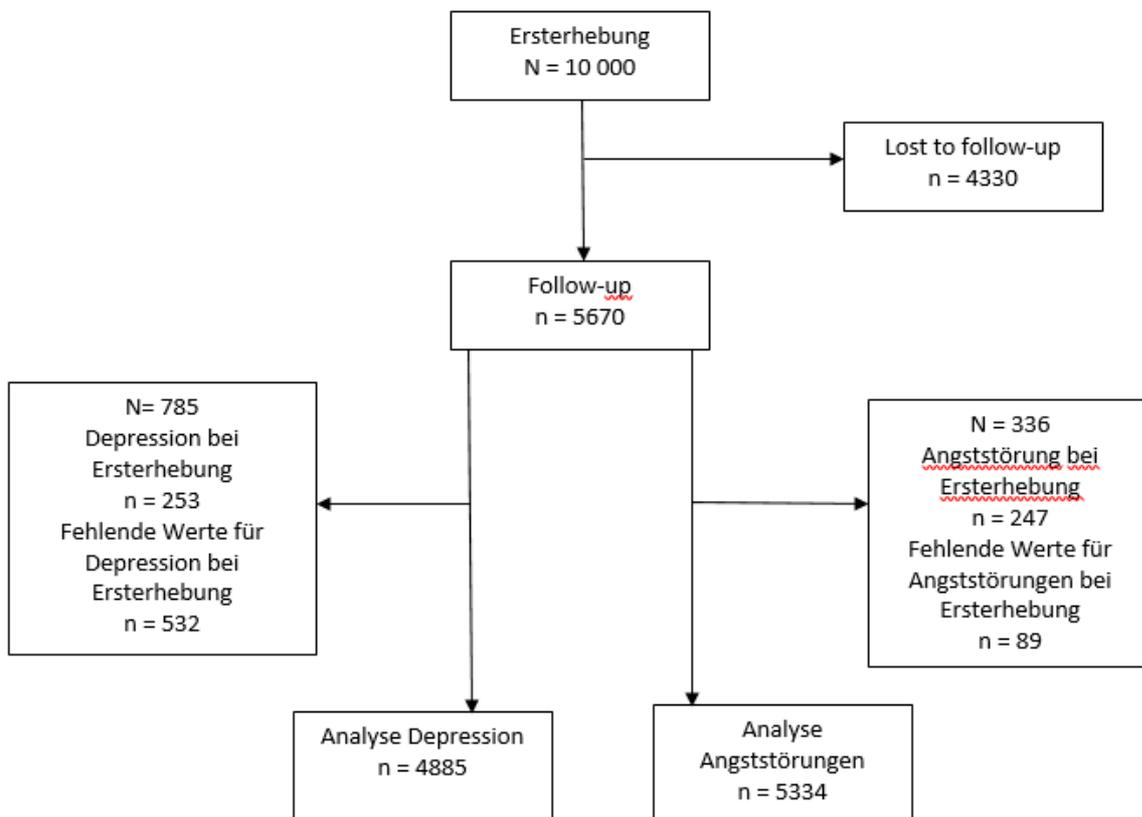
Aufgrund der geringen Stichprobengröße in der Subgruppe zur Untersuchung kognitiver Einschränkungen ist die diesbezügliche Aussagekraft der Ergebnisse (Studienpower) gering. Auffallend ist jedoch der Fund eines tendenziellen Zusammenhangs zwischen der Eisenbahnverkehrslärmbelastung in der Nacht und dem Vorhandensein einer kognitiven Einschränkung. Hier wurden sowohl im Grundmodell als auch im „Direkte-Effekte-Modell“ statistisch signifikante Risikoerhöhungen für eine kognitive Einschränkung bei einer nächtlichen Eisenbahnverkehrslärmexposition von mehr als 60 dB sowie für den nächtlichen Maximalpegel ($L_{max,22-06}$) zwischen 40 und 45 dB gefunden, die allerdings auf kleinen Fallzahlen beruhen.

4.3.10 Längsschnitt: Beschreibung der Stichprobe

4.3.10.1 Datenverfügbarkeit

Von den 10.000 Teilnehmenden an der Baseline-Untersuchung nahmen insgesamt 5670 Personen an der Folgebefragung teil. Das entspricht einem Loss-to-follow-up von etwa 43%. Von den Personen, die sowohl an der ersten als auch in der zweiten Erhebung teilnahmen, wiesen 785 Personen auffällige Werte für eine Depression bei der Baseline-Untersuchung auf; 336 Personen hatten bei der Baseline-Untersuchung eine Angststörung. Diese Personen wurden aus der Längsschnittbetrachtung ausgeschlossen. Somit standen insgesamt Daten von 4885 Personen für die Analyse der inzidenten Depression und Daten von 5334 Personen für die Analyse der inzidenten Angststörung zur Verfügung. Der Prozessablauf ist in Abbildung 28 dargestellt.

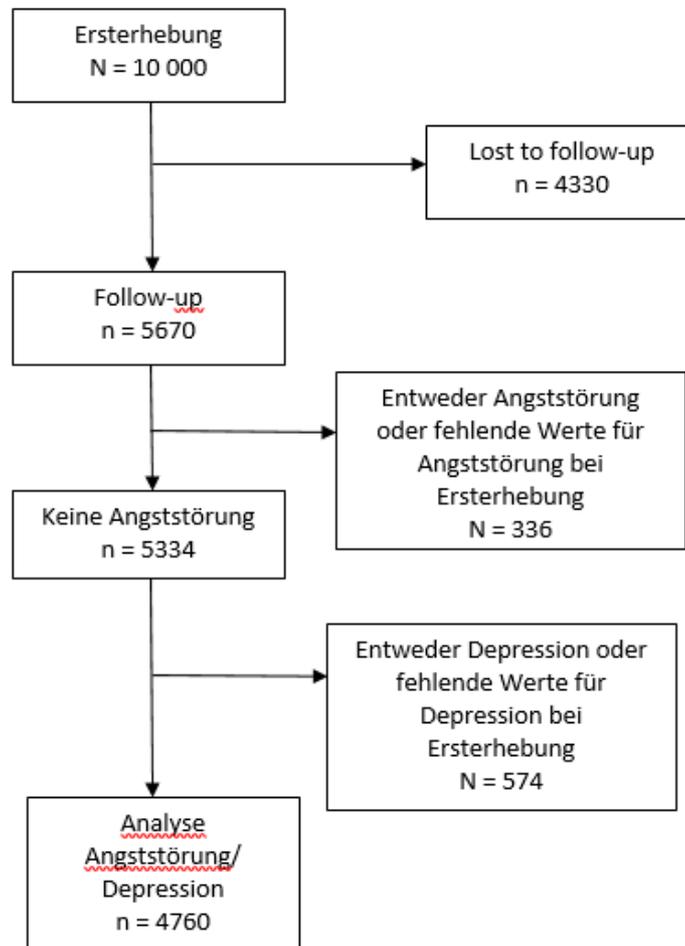
Abbildung 28: Prozessablauf für Depression und Angststörungen



Quelle: eigene Darstellung, Institut für Arbeits- und Sozialmedizin, TU Dresden

In einer Sensitivitätsanalyse wurden inzidente Depressionen und Angststörungen zusammen ausgewertet, um mögliche diagnostische Fehlklassifizierungen bei diesen eng benachbarten Krankheitsbildern und mögliche Komorbiditäten zu berücksichtigen. Hierbei standen insgesamt 4760 Personen für die Analyse zur Verfügung (Abbildung 29).

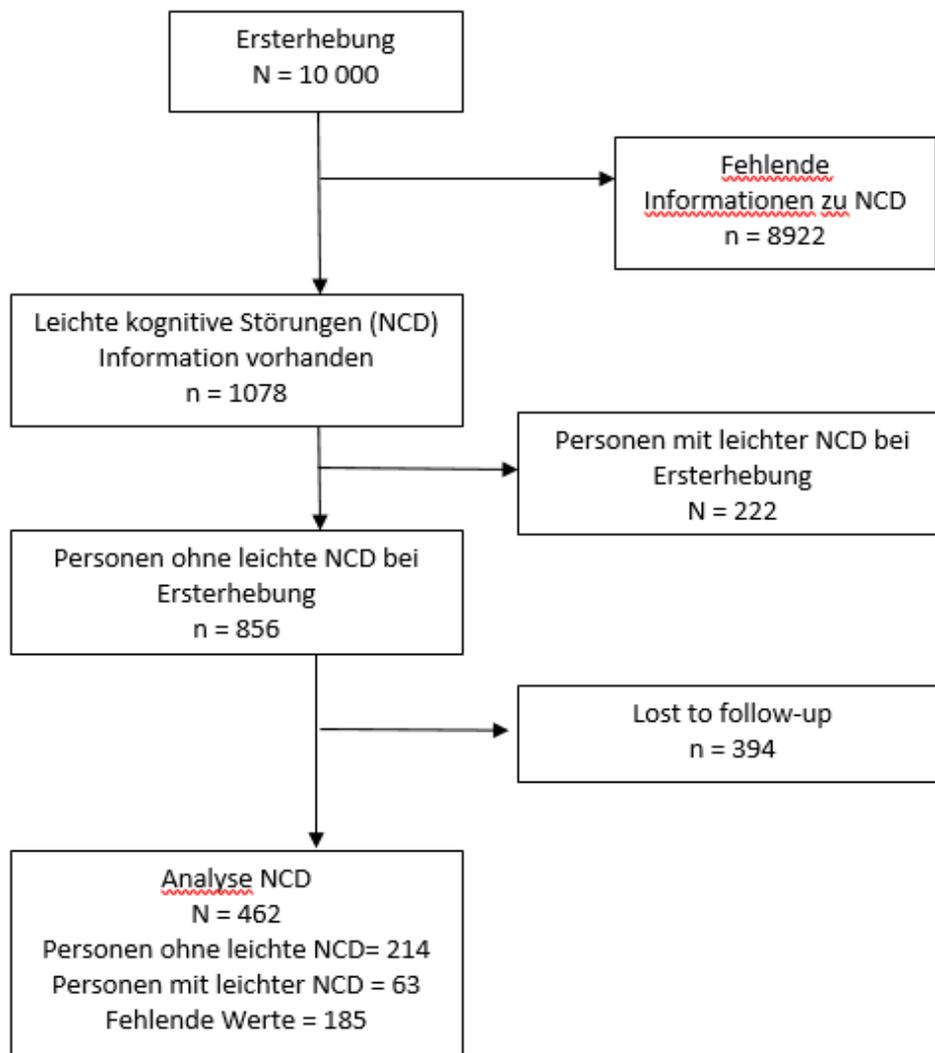
Abbildung 29: Prozessablauf für Sensitivitätsanalyse Depression/ Angststörungen



Quelle: eigene Darstellung, Institut für Arbeits- und Sozialmedizin, TU Dresden

Für die Analysen zu den inzidenten kognitiven Einschränkungen standen lediglich Daten von 462 Personen zur Verfügung. Davon erfüllten 62 Personen die Kriterien für eine milde kognitive Störung (Abbildung 30).

Abbildung 30: Prozessablauf für kognitive Einschränkungen



Quelle: eigene Darstellung, Institut für Arbeits- und Sozialmedizin, TU Dresden

4.3.10.2 Inzidente Depression

In der Follow-up-Befragung war bei 245 Personen (5,3%) eine klinisch relevante inzidente Depressionssymptomatik festzustellen. Bei Personen mit unauffälligen CES-D-Werten war das Geschlechterverhältnis ausgeglichen; hingegen waren mehr als 64% der Teilnehmenden mit einer inzidenten Depressionssymptomatik Frauen. Entsprechend ließ sich für Frauen in der univariaten Auswertung ein erhöhtes Depressionsrisiko feststellen (IRR=1,72, 95% KI 1,33-2,22). Die 5-Jahres-Inzidenz lag bei 6,7% für Frauen und bei 3,9% für Männer.

Personen mit inzidenter Depression waren durchschnittlich höheren Altersgruppen zugehörig als Personen mit unauffälligen CES-D-Werten. Pro Lebensjahr stieg das Risiko für eine inzidente Depression um 1% (IRR=1,01; 95% KI 1,00-1,02).

Die meisten Teilnehmenden des Follow-ups wiesen einen mittleren sozioökonomischen Status auf. Etwa 23% der Personen mit einer inzidenten depressiven Symptomatik gaben einen niedrigen sozioökonomischen Status an. Bei Personen mit unauffälligen Werten waren es lediglich 14%. Personen mit niedrigem Sozialstatus bei Baseline hatten ein über doppelt so hohes Risiko für eine inzidente Depression im Vergleich zu Personen mit hohem Sozialstatus (IRR=2,58; 95% KI 1,74-3,84). Auch Personen mit mittlerem Sozialstatus hatten verglichen mit Teilnehmenden mit hohem Sozialstatus ein um 54% erhöhtes Risiko für eine inzidente Depression (IRR=1,54; 95% KI 1,09-2,18). Weiterhin waren 25% der Personen ohne klinisch auffällige Werte gegenüber 16% der Personen mit inzidenter Depression durch einen hohen sozioökonomischen Status charakterisiert.

Die meisten Teilnehmenden an der LIFE-Follow-up-Erhebung waren bei Baseline-Untersuchung normal- bis leicht übergewichtig. Personen mit einer inzidenten Depression waren häufiger stark übergewichtig verglichen mit Personen ohne Depression (BMI > 30: 29,4% versus 21,6%). Starkes Übergewicht (BMI > 30) bei Baseline stellte einen Risikofaktor für eine inzidente Depression bei der Folgebefragung dar (IRR=1,55; 95% KI 1,13-2,12).

Etwa die Hälfte der LIFE-Follow-up-Teilnehmenden gab an, nie geraucht zu haben. Personen mit inzidenter depressiver Symptomatik waren zum Zeitpunkt der Baseline-Erhebung etwas stärker unter den aktiven „Vielrauchenden“ (mit einem Tabakkonsum von lebenslang mehr als 20 Packungsjahren) vertreten. Aktives Rauchen (insbesondere von 20-40 Packungsjahren) bei Baseline war mit einem erhöhten Risiko für eine inzidente Depression bei Follow-up verbunden (siehe Tabelle 87). Ein Drittel der LIFE-Teilnehmenden mit und ohne auffällige CES-D-Werte wiesen einen riskanten Alkoholkonsum auf. Es fand sich kein Zusammenhang zwischen Alkoholkonsum bei der Ersterhebung und einer inzidenten Depression nach 5 Jahren.

Traumatische Ereignisse in der Kindheit (ausgewertet als niemals versus jemals) wurden etwas häufiger von Personen mit einer inzidenten depressiven Symptomatik angegeben im Vergleich mit Personen mit unauffälligen CES-D-Werten (82,4% versus 76,4%). Das jemalige Erleben von traumatischen Ereignissen in der Kindheit erhöhte das Risiko für eine Depression um 41% (IRR=1,41; 95% KI 1,02-1,95).

Weiterhin fühlten sich Personen mit einer inzidenten depressiven Symptomatik zum Zeitpunkt der Follow-up-Untersuchung häufiger durch Straßenverkehrslärm und Fluglärm hoch belästigt (Straße: 12,7% versus 7,4%; Fluglärm: 6,1% versus 3,1%), und sie gaben auch häufiger an, hochgradig schlafgestört zu sein (Straße: 6,5% versus 2,1%; Fluglärm: 4,1% versus 1,6%). Sowohl hohe Belästigung als auch starke Schlafgestörtheit beim Follow-up waren mit dem Vorliegen einer Depression verbunden (siehe Tabelle 87).

Etwa 20% aller Teilnehmenden verfügten über Lärmschutzmaßnahmen beim Follow-up. Personen mit inzidenter depressiver Symptomatik gaben häufiger an, zwischen der Baseline-Untersuchung und dem Follow-up umgezogen zu sein (19,6% versus 15,4%). Die Belastung durch die Luftschadstoffe PM10 bzw. NO₂ war mit einem um 4% bzw. um 2% erhöhten Depressionsrisiko pro µg/m³ verbunden; allerdings verfehlten die Ergebnisse knapp die statistische Signifikanz (PM10: IRR=1,05; 95% KI 0,97-1,12; NO₂: IRR=1,02; 95% KI 0,99-1,05).

Eine Zusammenfassung ist in Tabelle 87 dargestellt.

Tabelle 87: Inzidente Depression: Charakterisierung der Stichprobe

		Keine Depression (CES-D <23)		Depression (CES-D ≥23)		IRR	95% KI
		n	%	n	%		
Insgesamt		4378	94,7	245	5,3		
Geschlecht							
	Männer	2182	49,8	88	35,9	1,00	Referenz
	Frauen	2196	50,2	157	64,1	1,72	1,33-2,22
Alter (Jahre) bei Baseline							
	18-24	50	1,1	2	0,8		
	25-29	77	1,8	6	2,4		
	30-34	59	1,3	0	0,0		
	35-39	85	1,9	3	1,2		
	40-44	524	12,0	24	9,8		
	45-49	612	14,0	44	18,0		
	50-54	500	11,4	31	12,7		
	55-59	469	10,7	22	9,0		
	60-64	623	14,2	20	8,2		
	65-69	595	13,6	21	8,6		
	70-74	567	13,0	52	21,2		
	75-80	217	5,0	20	8,2		
<i>Kontinuierlich pro Jahr</i>						1,01	1,00-1,02
Sozioökonomischer Status bei Baseline							
	Niedrig	589	13,5	57	23,3	2,58	1,74-3,84
	Mittel	2674	61,1	149	60,8	1,54	1,09-2,18
	Hoch	1102	25,2	39	15,9	1,00	Referenz
	<i>Fehlende Angaben</i>	13	0,3	0	0		
BMI bei Baseline							
	unter 24,9	1608	36,7	77	31,4	1,00	Referenz
	25-29,9	1818	41,5	96	39,2	1,10	0,82-1,47
	30+	945	21,6	72	29,4	1,55	1,13-2,12
	<i>Fehlende Angaben</i>	7	0,2	0	0,0		
Körperliche Aktivität bei Baseline							
	Niedrig	434	9,9	19	7,8	1,00	Referenz
	Mittel	1121	25,6	61	24,9	1,23	0,74-2,04
	Hoch	2360	53,9	128	52,2	1,23	0,77-1,97
	<i>Fehlende Angaben</i>	463	10,6	37	15,1	1,76	1,03-3,02
Alkoholkonsum bei Baseline							
	Kein Konsum und kein Risikokonsum	3071	70,1	175	71,4	1,00	Referenz
	Risikokonsum	1307	29,9	70	28,6	0,94	0,72-1,24
Rauchverhalten bei Baseline							
	Nierauchende	2304	52,6	121	49,4	1,00	Referenz
	Aktiv, ≤ 20 PJ ¹	452	10,3	25	10,2	1,05	0,69-1,60

	Keine Depression (CES-D <23)		Depression (CES-D ≥23)		IRR	95% KI
Aktiv, > 20-40 PJ ¹	177	4,0	19	7,8	1,94	1,23-3,08
Aktiv, > 40 PJ ¹	79	1,8	7	2,9	1,63	0,79-3,39
Ex-Rauchende	1363	31,1	73	29,8	1,02	0,77-1,35
<i>Fehlende Angaben</i>	3	0,1	0	0,0		
Passivrauch-Exposition bei Baseline						
Bis zu 7 Stunden/Woche	3758	85,8	197	80,4		
Über 7 Stunden/Woche	228	5,2	13	5,3		
<i>Fehlende Angaben</i>	392	9,0	35	14,3		
Traumatische Kindheitsereignisse						
Niemals	999	22,8	42	17,1	1,00	Referenz
Jemals	3345	76,4	202	82,4	1,41	1,02-1,95
<i>Fehlende Angaben</i>	34	0,8	1	0,4		
Hochbelästigt durch Straßenverkehrslärm beim Follow-up						
Nein	3654	83,5	191	78,0	1,00	Referenz
Ja	325	7,4	31	12,7	1,75	1,22-2,52
<i>Fehlende Angaben</i>	399	9,1	23	9,4		
Hochbelästigt durch Schienenverkehrslärm beim Follow-up						
Nein	3675	83,9	198	80,8	1,00	Referenz
Ja	136	3,1	9	3,7	1,21	0,64-2,32
<i>Fehlende Angaben</i>	567	13,0	38	15,5		
Hochbelästigt durch Fluglärm beim Follow-up						
Nein	3686	84,2	197	80,4	1,00	Referenz
Ja	132	3,0	15	6,1	2,01	1,22-3,31
<i>Fehlende Angaben</i>	560	12,8	33	13,5		
Hochgradig schlafgestört durch Straßenverkehrslärm beim Follow-up						
Nein	3905	89,2	210	85,7	1,00	Referenz
Ja	94	2,1	16	6,5	2,85	1,78-4,57
<i>Fehlende Angaben</i>	379	8,7	19	7,8		
Hochgradig schlafgestört durch Schienenverkehrslärm beim Follow-up						
Nein	3851	88,0	212	86,5	1,00	Referenz
Ja	50	1,1	3	1,2	1,09	0,36-3,28
<i>Fehlende Angaben</i>	477	10,9	30	12,2		
Hochgradig schlafgestört durch Fluglärm beim Follow-up						
Nein	3866	88,3	208	84,9	1,00	Referenz
Ja	70	1,6	10	4,1	2,45	1,35-4,44

		Keine Depression (CES-D <23)		Depression (CES-D ≥23)		IRR	95% KI
<i>Fehlende Angaben</i>		442	10,1	27	11,0		
Lärmschutzmaßnahmen beim Follow-up							
Nein		2899	66,2	159	64,9		
Ja		851	19,4	50	20,4		
<i>Fehlende Angaben</i>		628	14,3	36	14,7		
Umzug zwischen Baseline und Follow-up-Befragung							
Nein		3326	76,0	177	72,2		
Ja		674	15,4	48	19,6		
<i>Fehlende Angaben</i>		378	8,6	20	8,2		
Luftschadstoffe (µg/m³)							
PM10	Mittelwert	22,10		22,22			
	SD	1,76		1,82			
	Wertebereich	17,93-30,78		18,11-29,77			
<i>Kontinuierlich, pro µg/m³</i>						1,04	0,97-1,12
NO₂	Mittelwert	20,90		21,15			
	SD	3,71		3,72			
	Wertebereich	13,91-59,94		14,40-37,31			
<i>Kontinuierlich, pro µg/m³</i>						1,02	0,99-1,05

4.3.10.3 Inzidente Angststörungen

Insgesamt waren etwa 4,9% der LIFE-Probanden von einer inzidenten Angststörung bei Follow-up-Untersuchung betroffen. Mehr Frauen zeigten Symptome einer Angststörung als Männer (69,4% versus 30,6%). Frauen hatten ein doppelt so hohes Risiko für eine inzidente Angststörung im Vergleich zu Männern (IRR=2,06; 95% KI 1,58-2,68). Die 5-Jahres-Inzidenz für eine Angststörung lag bei 6,4% für Frauen und bei 3,1% bei Männern.

Inzidente Angststörungen traten am häufigsten in der Altersgruppe zwischen 45 und 55 Jahren auf. In der univariaten Auswertung fand sich ein negativer Zusammenhang zwischen Alter bei der Ersterhebung und dem Auftreten einer inzidenten Angststörung nach 5 Jahren (IRR=0,98; 95% KI 0,98-0,99). Weiterhin waren Personen mit einer inzidenten Angststörung deutlich häufiger durch einen niedrigeren Sozialstatus (20,2% versus 14,5%) charakterisiert als Personen ohne Angststörung. Teilnehmende, die durch einen niedrigen Sozialstatus bei Baseline charakterisiert waren, hatten ein doppelt so hohes Risiko, Symptome einer inzidenten Angststörung beim Follow-up zu entwickeln im Vergleich zu Personen mit einem hohen Sozialstatus (IRR=2,16; 95% KI 1,43-3,28). Für Personen mit einem mittleren Sozialstatus lag die Risikoerhöhung bei 69% (IRR=1,69; 95% KI 1,19-2,40).

Personen mit einer inzidenten Angststörung waren tendenziell durch einen höheren BMI (30+) gekennzeichnet verglichen mit Personen ohne Angststörung (24,2% versus 22,3%). Allerdings war der BMI im Modell kein statistisch signifikanter Faktor (IRR=1,05; 95% KI 0,77-1,44). Auch im Rauchverhalten zeigten sich Unterschiede: Personen mit inzidenter Angststörung bei Follow-up-Untersuchung waren zum Zeitpunkt der Baseline-Untersuchung statistisch signifikant häufiger aktive Rauchende als

Personen ohne Angststörung. Es finden sich keine Unterschiede im jemaligen Erleben von traumatischen Ereignissen, in der körperlichen Aktivität, im Alkoholkonsum, Umzugsverhalten und in der Luftschadstoffbelastung am Wohnort zwischen Personen mit und ohne Angststörung. Die Ergebnisse sind in Tabelle 88 dargestellt.

Tendenziell fühlten sich mehr Teilnehmende mit einer inzidenten Angststörung durch Verkehrslärm zum Zeitpunkt der Follow-up-Untersuchung hoch belästigt und berichteten mehr Schlafstörungen als Teilnehmende ohne auffällige Werte. Unterschiede wurden insbesondere für Straßenverkehrslärm und Fluglärm deutlich (Straßenverkehrslärm: hoch belästigt: 15,7% versus 7,3%; hochgradig schlafgestört: 9,7% versus 2,1%; Fluglärm: hochbelästigt: 7,7% versus 3,0%; hochgradig schlafgestört: 4,4% versus 1,6%). Hoch belästigt bzw. hochgradig schlafgestört bei Folgerhebung zu sein, war statistisch signifikant mit dem Vorliegen einer inzidenten Angststörung assoziiert. Tendenziell hatten weniger Personen mit einer inzidenten Angststörung Lärmschutz im Vergleich zu Personen ohne auffällige GAD-Werte (17,7% versus 20,4%). Die Ergebnisse sind in Tabelle 88 dargestellt.

Tabelle 88: Inzidente Angststörung: Charakterisierung der Stichprobe

	Keine Angststörung (GAD <10)		Angststörung (GAD ≥10)		IRR	95% KI
	n	%	n	%		
Insgesamt	4862	95,1	248	4,9		
Geschlecht						
Männer	2357	48,5	76	30,6	1,00	Referenz
Frauen	2505	51,5	172	69,4	2,06	1,58-2,68
Alter (Jahre) bei Baseline						
18-24	48	1,0	3	1,2		
25-29	71	1,5	10	4,0		
30-34	60	1,2	2	0,8		
35-39	79	1,6	2	0,8		
40-44	540	11,1	30	12,1		
45-49	637	13,1	50	20,2		
50-54	521	10,7	39	15,7		
55-59	538	11,1	24	9,7		
60-64	703	14,5	17	6,9		
65-69	689	14,2	15	6,0		
70-74	697	14,3	42	16,9		
75-80	279	5,7	14	5,6		
<i>Kontinuierlich pro Jahr</i>					0,98	0,98-0,99
Sozioökonomischer Status bei Baseline						
Niedrig	707	14,5	50	20,2	2,16	1,43-3,28
Mittel	2966	61,0	161	64,9	1,69	1,19-2,40
Hoch	1175	24,2	37	14,9	1,00	Referenz
Fehlende Angabe	14	0,3	0	0		
BMI bei Baseline						
unter 24,9	1765	36,3	93	37,5	1,00	Referenz
25-29,9	2006	41,3	95	38,3	0,90	0,68-1,19
30+	1083	22,3	60	24,2	1,05	0,77-1,44
Fehlende Angabe	8	0,2	0	0		

	Keine Angststörung (GAD <10)		Angststörung (GAD ≥10)		IRR	95% KI
Körperliche Aktivität bei Baseline						
Niedrig	476	9,8	19	7,7	1,00	Referenz
Mittel	1211	24,9	67	27,0	1,37	0,83-2,25
Hoch	2556	52,6	133	53,6	1,29	0,80-2,06
<i>Fehlende Angabe</i>	616	12,7	29	11,7	1,17	0,67-2,06
Alkoholkonsum bei Baseline						
Kein Konsum und kein Risikokonsum	3441	70,8	175	70,6	1,00	Referenz
Risikokonsum	1421	29,2	73	29,4	1,01	0,77-1,32
Rauchverhalten bei Baseline						
Nierauchende	2556	52,6	114	46,0	1,00	Referenz
Aktiv, ≤ 20 PJ ¹	482	9,9	32	12,9	1,46	1,00-2,13
Aktiv, > 20-40 PJ ¹	212	4,4	17	6,9	1,74	1,06-2,84
Aktiv, > 40 PJ ¹	95	2,0	8	3,2	1,82	0,91-3,63
Ex-Rauchende	1515	31,2	77	31,0	1,33	0,85-1,50
<i>Fehlende Angaben</i>	2	0	0	0		
Passivrauch-Exposition bei Baseline						
Bis zu 7 Stunden/Woche	4134	85,0	206	83,1		
Über 7 Stunden/Woche	244	5,0	15	6,0		
<i>Fehlende Angaben</i>	484	20,0	27	10,9		
Traumatische Kindheitsereignisse						
Niemals	1062	21,8	54	21,8	1,00	Referenz
Jemals	3749	77,1	193	77,8	1,01	0,75-1,36
<i>Fehlende Angaben</i>	51	1,0	1	0,4		
Hochbelästigt durch Straßenverkehrslärm beim Follow-up						
Nein	4186	86,1	188	75,8	1,00	Referenz
Ja	357	7,3	39	15,7	2,29	1,65-3,19
<i>Fehlende Angaben</i>	319	6,6	21	8,5		
Hochbelästigt durch Schienenverkehrslärm beim Follow-up						
Nein	4175	85,9	202	81,5	1,00	Referenz
Ja	151	3,1	13	5,2	1,72	1,00-2,94
<i>Fehlende Angaben</i>	536	11,0	33	13,3		
Hochbelästigt durch Fluglärm beim Follow-up						
Nein	4191	86,2	197	79,4	1,00	Referenz
Ja	147	3,0	19	7,7	2,55	1,63-3,98
<i>Fehlende Angaben</i>	524	10,8	32	12,9		
Hochgradig schlafgestört durch Straßenverkehrslärm beim Follow-up						
Nein	4470	91,9	205	82,7	1,00	Referenz
Ja	100	2,1	24	9,7	4,41	3,01-6,48
<i>Fehlende Angaben</i>	292	6,0	19	7,7		
Hochgradig schlafgestört durch Schienenverkehrslärm beim Follow-up						
Nein	4378	90,0	216	87,1	1,00	Referenz

		Keine Angststörung (GAD <10)		Angststörung (GAD ≥10)		IRR	95% KI
	Ja	56	1,2	4	1,6	1,42	0,55-3,69
	<i>Fehlende Angaben</i>	428	8,8	28	11,3		
Hochgradig schlafgestört durch Fluglärm beim Follow-up							
	Nein	4399	90,5	211	85,1	1,00	Referenz
	Ja	78	1,6	11	4,4	2,70	1,53-4,77
	<i>Fehlende Angaben</i>	385	7,9	26	10,5		
Lärmschutzmaßnahmen beim Follow-up							
	Nein	3274	67,3	167	67,3		
	Ja	993	20,4	44	17,7		
	<i>Fehlende Angaben</i>	595	12,2	37	14,9		
Umzug beim Follow-up							
	Nein	3816	78,5	189	76,2		
	Ja	756	15,5	38	15,3		
	<i>Fehlende Angaben</i>	290	6,0	21	8,5		
Luftschadstoffe (µg/m³)							
PM10	Mittelwert		22,10		22,13		
	SD		1,76		1,86		
	Wertebereich		17,93 – 30,60		18,11 – 29,77		
	<i>Kontinuierlich pro µg/m³</i>					1,00	0,92-1,07
NO₂	Mittelwert		20,93		20,90		
	SD		3,74		3,83		
	Wertebereich		13,91-59,94		14,40 – 38,99		
	<i>Kontinuierlich pro µg/m³</i>					1,00	0,96-1,03

4.3.10.4 Inzidente kognitive Beeinträchtigungen

Von den Teilnehmenden über 60 Jahre wiesen 22,7% Symptome für eine inzidente kognitive Beeinträchtigung auf. Eine Analyse des Altersgangs wies auf eine mögliche Selektionsverzerrung hin, die auf die geringe Response zurückzuführen sein könnte. Darüber hinaus könnten unterschiedliche Erhebungsformen der kognitiven Beeinträchtigungen Verzerrungen eingetragen haben. Da außerdem nur geringe Fallzahlen vorlagen, wird von einer weiteren Darstellung der diesbezüglichen Charakteristika wie auch von einer Analyse des Zusammenhangs zwischen Verkehrslärm und dem Risiko für eine inzidente kognitive Beeinträchtigung abgesehen.

4.3.10.5 Lost-to-Follow-up-Analyse

Die Teilnahme am Follow-up lag bei 56,7%. Es waren deutliche Unterschiede in soziodemographischen und gesundheitlichen Merkmalen zwischen Teilnehmenden²⁴ und Nicht-Teilnehmenden²⁵ an der Follow-up-Untersuchung zu beobachten: Nicht-Teilnehmende waren statistisch signifikant jünger und hatten einen geringeren sozioökonomischen Status (25,7% versus 15,7% mit niedrigem sozioökonomischem Status). Weiterhin war auch der Anteil an Personen mit auffälligen Werten für eine Depression bzw. Angststörung bei Baseline bei den Nicht-Teilnehmenden statistisch signifikant höher im

²⁴ Teilnehmende am Follow-up sind Personen, die an der Baseline- und an der Follow-up-Befragung teilgenommen haben (Responder).

²⁵ Nicht-Teilnehmende am Follow-up sind Personen, die nur an der Baseline-Befragung teilgenommen haben (Non-Responder).

Vergleich zu den Teilnehmenden (Depression: 8,4% versus 4,9%; Angststörungen: 7,5% versus 4,4%). Darüber hinaus fanden sich waren Nicht-Teilnehmende an der Follow-up-Untersuchung durch eine statistisch signifikant höhere Belastung durch Straßenverkehrslärm und Schienenverkehrslärm bei der Baseline-Untersuchung gekennzeichnet. Die Ergebnisse sind in Tabelle 89 dargestellt.

Tabelle 89: Vergleich Teilnehmende und Nicht-Teilnehmende an der Follow-up-Untersuchung

+	Non-Responder (N=4330)		Responder (N=5670)		p-Wert*	
	N	%	N	%		
Alter (Jahre) bei Baseline						
	Mittelwert	56,9		57,9	<0,0001	
	SD	12,5		12,5		
Geschlecht						
	Männer	2084	48,1	2682	47,3	0,41
	Frauen	2246	51,9	2988	52,7	
Sozioökonomischer Status bei Baseline						
	Niedrig	1106	25,7	889	15,7	<0,0001
	Mittel	2541	59,0	3453	61,1	
	Hoch	663	15,4	1311	23,2	
Depression bei Baseline (CES-D\geq23)						
	Nein	3418	91,6	4885	95,1	<0,0001
	Ja	312	8,4	253	4,9	
Angststörung bei Baseline (GAD\geq10)						
	Nein	3874	92,5	5334	95,6	<0,0001
	Ja	313	7,5	247	4,4	
Depressions-Score bei Baseline (CES-D)						
	Mittelwert	11,8		10,0	<0,0001	
	SD	7,35		6,53		
Angststörungs-Score bei Baseline (GAD)						
	Mittelwert	3,9		3,3	<0,0001	
	SD	3,58		3,28		
L_{DEN} Straßenverkehrslärm						
	Mittelwert	61,1		60,9	0,01	
	SD	4,98		4,97		
L_{DEN} Schienenverkehrslärm						
	Mittelwert	49,3		48,7	0,001	
	SD	8,35		8,37		
L_{DEN} Fluglärm						
	Mittelwert	35,3		35,4	0,07	
	SD	3,36		3,36		
L_{Night} Straßenverkehrslärm						
	Mittelwert	50,6		50,4	0,01	
	SD	4,88		4,84		
L_{Night} Schienenverkehrslärm						
	Mittelwert	41,6		41,0	0,001	
	SD	8,38		8,52		
L_{Night} Fluglärm						
	Mittelwert	28,9		29,0	0,05	
	SD	3,33		3,32		
NAT-6 Eisenbahnverkehrslärm						
	Mittelwert	49,0		48,4	0,07	
	SD	16,41		16,79		
NAT-6 Fluglärm						
	Mittelwert	45,3		45,4	0,04	
	SD	4,00		3,99		
L_{max,22-06} Schienenverkehrslärm						

Mittelwert	58,9	58,3	0,006
SD	11,54	11,75	

*P-Wert des Chi-Quadrat/T-Tests

4.3.11 Ergebnisse zum Zusammenhang zwischen Verkehrslärm und inzidenter Depression

4.3.11.1 Hauptanalyse (Grundmodell)

Die Höhe des Straßenverkehrslärms zum Zeitpunkt der Baseline-Untersuchung war in der kontinuierlichen Auswertung nicht mit einem erhöhten Depressionsrisiko bei Follow-up-Untersuchung verbunden (L_{DEN} pro 10 dB: IRR=0,883; 95% KI 0,691-1,127; L_{Night} pro 10 dB: IRR=0,893; 95% KI 0,700-1,141) (siehe Tabelle 90). Auch in der kategorisierten Auswertung zeigten sich keine erhöhten straßenlärmbezogenen Risikoschätzer für eine Depression.

Für Schienenverkehrslärm fand sich auf der Grundlage der kontinuierlichen Expositionsvariablen kein Anstieg des Depressionsrisikos mit steigenden Pegelwerten (L_{DEN} pro 10 dB: IRR=0,952; 95% KI 0,811-1,118; L_{Night} pro 10 dB: IRR=0,954; 95% KI 0,798-1,142; vergleichbare Ergebnisse für NAT-6 und $L_{max,22-06}$) (siehe Tabelle 90). In der kategorisierten Auswertung fanden sich die höchsten Risikoschätzer in der jeweils höchsten Pegelklasse, erreichten aber bei geringen Fallzahlen keine statistische Signifikanz. Bei getrennter Betrachtung von Eisenbahnverkehrslärm und Straßenbahnverkehrslärm ließen sich keine klaren Risikounterschiede erkennen (Tabelle 91). Der Einfluss von Schienenverkehrslärm auf das Depressionsrisiko wurde zusätzlich durch die Aufwachreaktionen abgebildet. Das Risiko für eine Depression (IRR) war bei 3 und mehr Aufwachreaktionen statistisch nicht signifikant auf 1,86 erhöht (95% KI 0,63-5,52). Die Ergebnisse sind in Tabelle 92 dargestellt.

Für den Fluglärm ließ sich ebenfalls kein statistisch signifikanter Anstieg des Depressionsrisikos mit steigenden Pegelwerten feststellen (L_{DEN} pro 10 dB: IRR=1,135; 95% KI 0,736-1,749; L_{Night} pro 10 dB: IRR=1,127; 95% KI 0,416-3,054; NAT-6 pro 10 dB: IRR=1,006; 95% KI 0,726-1,394). In der jeweils höchsten Pegelklasse fand sich ein statistisch nicht signifikant erhöhtes Depressionsrisiko. Beim Fluglärm ist einschränkend auf sehr geringe Fallzahlen hinzuweisen, damit ist die Aussagekraft negativer Ergebnisse (die Studienpower) sehr begrenzt. Eine Analyse der Aufwachreaktionen war aus diesem Grund nicht möglich: lediglich 12 Probanden wiesen zwischen einer und <2 Aufwachreaktionen auf; keine Probanden wiesen 2 oder mehr Aufwachreaktionen auf (siehe Tabelle 93).

Tabelle 90: Inzidente Depression: Inzidenzraten-Ratios (IRR) der multivariablen logistischen Regressionsanalysen im „Grundmodell“

	Straßenverkehrslärm				Schienenverkehrslärm				Fluglärm			
	Gesamt	CES-D ≥23 ³	IRR	95%KI	Gesamt	CES-D ≥23 ³	IRR	95%KI	Ge- samt	CES-D ≥23 ³	IRR	95%KI
L_{DEN}												
< 40 dB					541	34	1	Referenz				
<40dB, Max. <50dB									4011	213	1	Referenz
<40dB, Max. ≥50dB (NAT-6 ¹)									89	4	0,86	0,33-2,28
≥40 – <45 dB					997	54	0,84	0,56-1,28	333	19	1,19	0,76-1,87
≥45 – <50 dB					1119	59	0,81	0,54-1,22	79	4	0,96	0,37-2,50
< 50 dB	147	9	1	Referenz								
≥50 – <55 dB	334	19	0,94	0,44-2,02	994	48	0,72	0,47-1,10	13	0	-	-
≥55 – <60 dB	1272	75	0,98	0,50-1,91	451	16	0,54	0,30-0,96	9	1	2,11	0,35-12,6
≥60 dB					432	30	1,06	0,66-1,70				
≥60 – <65 dB	1775	89	0,86	0,44-1,66								
≥65 – <70 dB	929	45	0,83	0,41-1,66								
≥70 dB	77	4	0,83	0,26-2,65								
Kontinuierlich (Pro 10 dB)			0,883	0,691-1,127			0,952	0,811-1,118			1,135	0,736-1,749
L_{Night}												
< 40 dB	144	9	1	Referenz	2162	122	1	Referenz				
<40dB, Max. <50dB									4123	222	1	Referenz
<40dB, Max. ≥50dB (NAT-6 ¹)									331	15	0,90	0,54-1,50
≥40 – <45 dB	370	19	0,83	0,39-1,78	1023	56	0,93	0,68-1,26	61	3	0,94	0,31-2,83
≥45 – <50 dB	1514	86	0,94	0,49-1,81	759	28	0,63	0,42-0,94	10	0	-	-
≥50 – <55 dB	1795	90	0,84	0,44-1,63	276	14	0,89	0,52-1,52	9	1	2,08	0,35-12,4
≥55 – <60 dB	646	32	0,83	0,40-1,69	226	15	1,13	0,68-1,89				
≥60 dB	65	5	1,23	0,42-3,56	88	6	1,13	0,51-2,52				
Kontinuierlich (Pro 10 dB)			0,893	0,700-1,141			0,954	0,798-1,142			1,127	0,416-3,054
NAT-6²												
< 40 dB					903	45	1	Referenz				

≥40 – <45 dB					338	16	0,95	0,55-1,66	2510	135	1	Referenz
≥45 – <50 dB					733	48	1,26	0,85-1,86	1613	87	1,01	0,78-1,31
≥50 – <55 dB					921	50	1,03	0,70-1,53	257	9	0,70	0,36-1,36
≥55 – <60 dB					696	34	0,90	0,58-1,40	110	7	1,24	0,60-2,57
≥60 dB					941	48	0,97	0,65-1,43	44	3	1,34	0,46-3,96
Kontinuierlich (Pro 10 dB)							1,007	0,899-1,128			1,006	0,726-1,394

¹entspricht NAT-6;

²nur NAT-6 Eisenbahnverkehrslärm

³CES-D = Center for Epidemiologic Studies Depression Scale (CES-D ≥ 23: Grenzwert für eine klinisch relevante depressive Symptomatik)

Grundmodell adjustiert für: Alter (5-Jahres-Kategorien), Geschlecht und sozioökonomischen Status (3 Kategorien)

Tabelle 91: Inzidente Depression: Inzidenzraten-Ratios (IRR) der multivariablen logistischen Regressionsanalysen im „Grundmodell“ für Schienenverkehr (getrennt betrachtet)

	Eisenbahnverkehrslärm				Straßenbahnverkehrslärm				Schienenverkehrslärm (Eisen – und Straßenbahnverkehrslärm kombiniert)			
	Gesamt	CES-D ≥23 ¹	IRR	95%KI	Gesamt	CES-D ≥23 ¹	IRR	95%KI	Gesamt	CES-D ≥23 ¹	IRR	95%KI
L_{DEN}												
< 40 dB	1835	100	1	Referenz	2099	108	1	Referenz	541	34	1	Referenz
≥40 – <45 dB	875	53	1,03	0,74-1,42	1076	69	1,24	0,92-1,65	997	54	0,84	0,56-1,28
≥45 – <50 dB	718	33	0,80	0,55-1,18	554	23	0,81	0,52-1,26	1119	59	0,81	0,54-1,22
≥50 – <55 dB	655	31	0,81	0,55-1,20	379	18	0,90	0,55-1,46	994	48	0,72	0,47-1,10
≥55 – <60 dB	289	13	0,79	0,45-1,39	153	4	0,49	0,18-1,31	451	16	0,54	0,30-0,96
≥60 dB	162	11	1,20	0,66-2,19	270	19	1,31	0,82-2,10	432	30	1,06	0,66-1,70
Kontinuierlich Pro 10 dB			0,933	0,799-1,090			0,996	0,865-1,147			0,952	0,811-1,118
L_{Night}												
< 40 dB	3029	167	1	Referenz	3603	191	1	Referenz	2162	122	1	Referenz
≥40 – <45 dB	672	35	0,91	0,64-1,30	421	23	1,00	0,66-1,53	1023	56	0,93	0,68-1,26
≥45 – <50 dB	537	24	0,79	0,52-1,19	209	7	0,62	0,29-1,30	759	28	0,63	0,42-0,94
≥50 – <55 dB	184	8	0,79	0,39-1,58	94	7	1,32	0,64-2,73	276	14	0,89	0,52-1,52
≥55 – <60 dB	77	4	0,87	0,34-2,24	158	10	1,18	0,64-2,19	226	15	1,13	0,68-1,89
≥60 dB	35	3	1,68	0,57-4,98	46	3	1,11	0,37-3,38	88	6	1,13	0,51-2,52
Kontinuierlich Pro 10 dB			0,931	0,748-1,157			1,008	0,822-1,238			0,954	0,798-1,142
L_{max,22-06}												
< 40 dB	605	32	1	Referenz	2009	101	1	Referenz	262	14	1	Referenz
≥40 – <45 dB	157	6	0,67	0,29-1,58	562	36	1,27	0,88-1,84	137	11	1,43	0,67-3,04
≥45 – <50 dB	437	33	1,35	0,84-2,16	569	31	1,08	0,73-1,59	334	20	1,14	0,59-2,21
≥50 – <55 dB	1002	57	0,99	0,65-1,50	456	24	1,05	0,69-1,62	907	50	0,98	0,55-1,73
≥55 – <60 dB	956	47	0,84	0,54-1,30	338	18	1,02	0,63-1,67	1044	56	0,93	0,53-1,65
≥60 – <65 dB	598	28	0,78	0,48-1,28	245	10	0,81	0,43-1,52	762	33	0,74	0,40-1,35

	Eisenbahnverkehrslärm				Straßenbahnverkehrslärm				Schienenverkehrslärm (Eisen – und Straßenbahnverkehrslärm kombiniert)			
≥65 – <70 dB	369	17	0,81	0,46-1,44	109	5	0,87	0,36-2,09	458	20	0,77	0,40-1,49
≥70 dB	410	21	0,88	0,52-1,50	246	16	1,23	0,74-2,05	630	37	1,01	0,56-1,84
Kontinuierlich (Pro 10 dB)			0,970	0,863-1,089			1,007	0,910-1,11			0,989	0,870-1,124

³ CES-D = Center for Epidemiologic Studies Depression Scale (CES-D ≥ 23: Grenzwert für eine klinisch relevante depressive Symptomatik)

Grundmodell adjustiert für: Alter (5-Jahres-Kategorien), Geschlecht und sozioökonomischen Status (3 Kategorien)

Tabelle 92: Inzidente Depression: Aufwachreaktionen der multivariaten logistischen Regression für Eisenbahnverkehrslärm im „Grundmodell“

Aufwachreaktionen	Depression CES-D ≥23 ¹			
	Gesamt	CES-D ≥23	IRR	95%KI
< 0-<1	3746	205	1,00	Referenz
≥ 1-<2	630	28	0,78	0,53-1,15
≥ 2-<3	126	5	0,73	0,31-1,72
≥ 3	28	3	1,86	0,63-5,52

¹ CES-D = Center for Epidemiologic Studies Depression Scale (CES-D ≥ 23: Grenzwert für eine klinisch relevante depressive Symptomatik)

Grundmodell adjustiert für: Alter (5-Jahres-Kategorien), Geschlecht und sozioökonomischen Status (3 Kategorien)

Tabelle 93: Inzidente Depression: Deskriptive Statistik für Aufwachreaktionen für Fluglärm

Aufwachreaktionen	CES-D < 23 ¹		CES-D ≥ 23 ¹	
	n	%	n	%
0-<1	4282	97,8	240	98,0
≥ 1-<2	11	0,3	1	0,4
Missings	85	1,9	4	1,6

¹ CES-D = Center for Epidemiologic Studies Depression Scale (CES-D ≥ 23: Grenzwert für eine klinisch relevante depressive Symptomatik)

4.3.11.2 Weitere Modelle (Modell B-F)

Im Direkte-Effekte-Modell (Modell B) wurden zusätzlich zu Alter, Geschlecht und sozioökonomischem Status die Variablen BMI, Kindheitstraumata, Luftschadstoffbelastung, körperliche Aktivität bzw. Rauchen und Alkoholkonsum in das Modell einbezogen. Es ergaben sich keine nennenswerten Änderungen der Risikoschätzer gegenüber dem Grundmodell: Für Straßen- und Schienenverkehrslärm fanden sich bei geringen Fallzahlen keine erhöhten Depressionsrisiken. Drei und mehr Aufwachreaktionen durch Eisenbahnverkehrslärm waren mit einem Risikoschätzer von IRR=1,89 (95% KI 0,63-5,74) verbunden.

Auf der Grundlage der kontinuierlichen Fluglärm-Dauerschallpegel fanden sich bei sehr geringen Fallzahlen statistisch nicht signifikante positive Depressionsrisiken (L_{DEN} : IRR=1,16; 95% KI 0,72-1,87 pro 10 dB und L_{Night} : IR=1,18; 95% KI 0,43-3,21 pro 10 dB). Für den NAT-6 lag der Risikoanstieg bei 7% (KI 0,75-1,54) pro 10 dB. Die Ergebnisse finden sich in den Tabellen im Anhang.

Die weiteren Modelle (C-F) führten zu vergleichbaren Ergebnissen wie das Grundmodell und das Direkte-Effekte-Modell. Beim Einbezug von Belästigung und/oder Schlafstörungen in die Regressionsmodelle fand sich in der höchsten Fluglärmkategorie kein erhöhtes Depressionsrisiko mehr. Für die Ergebnisse der Modelle C-F wird auf die Tabellen im Anhang verwiesen bzw. sind auf Anfrage bei den Autoren erhältlich.

4.3.11.3 Stratifizierung

Das Grundmodell wurde hinsichtlich der Variablen Alter, Geschlecht und Lärmschutz stratifiziert. Bei kleinen Fallzahlen, breiten 95%-Konfidenzintervallen und deutlichen Überschneidungen der 95%-Konfidenzintervalle ließen sich keine belastbaren Hinweise auf eine Effektmodifikation durch Alter, Geschlecht oder das Vorhandensein von Lärmschutz finden. Die Ergebnisse sind auf Anfrage bei den Autoren erhältlich.

4.3.11.4 Sensitivitätsanalyse: Einschluss von Personen mit fehlenden Angaben zu einer vorliegenden Depression bei der Baseline-Untersuchung

In der Regel wurden alle Analysen nur mit Personen durchgeführt, von denen Informationen zur Depression bei der Ersterhebung vorlagen. In dieser Sensitivitätsanalyse wurden zusätzlich alle Personen eingeschlossen, von denen keine Informationen zur Depressionssymptomatik bei der Baseline-Untersuchung vorhanden waren. Somit erhöhte sich die Zahl von 4378 Personen ohne Depression und 245 inzidenten Fällen mit einer depressiven Symptomatik auf 5417 Personen ohne und 299 mit Depression bei Follow-up. Die Inzidenz einer Depression innerhalb der letzten 5 Jahre war in der Haupt- und Sensitivitätsanalyse ähnlich (5,2% versus 5,3%). Eine deskriptive Beschreibung der Stichprobe findet sich in der Tabelle im Anhang.

Die Sensitivitätsanalyse führte zu vergleichbaren Ergebnissen wie die Analyse des Grundmodells. Der Zusammenhang zwischen 3 und mehr eisenbahnlärmbedingten Aufwachreaktionen und einer inzidenten Depression erreichte in der Sensitivitätsanalyse statistische Signifikanz (IRR=2,52; 95% KI 1,12-5,67). Die Ergebnisse sind auf Anfrage bei den Autoren erhältlich.

4.3.12 Ergebnisse zum Zusammenhang zwischen Verkehrslärm und inzidenten Angststörungen

4.3.12.1 Hauptanalyse

Für die inzidente Angststörung fanden sich überwiegend ähnliche Ergebnisse wie für die inzidente Depression. Die Höhe des Straßenverkehrslärms zum Zeitpunkt der Baseline-Untersuchung war in der kontinuierlichen Auswertung nicht mit einem erhöhten Angststörungsrisiko bei Follow-up-Untersuchung verbunden (L_{DEN} pro 10 dB: IRR=0,845; 95% KI 0,664-1,075; L_{Night} pro 10 dB: IRR=0,845; 95% KI 0,650-1,060) (siehe Tabelle 94). Auch in der kategorisierten Auswertung zeigten sich keine erhöhten straßenlärmbezogenen Risikoschätzer für eine Angststörung.

Für Schienenverkehrslärm fand sich auf der Grundlage der kontinuierlichen Expositionsvariablen ein statistisch nicht signifikanter Anstieg des Depressionsrisikos mit steigenden Pegelwerten (L_{DEN} pro 10 dB: IRR=1,066; 95% KI 0,941-1,242; L_{Night} pro 10 dB: IRR=1,096; 95% KI 0,930-1,292; vergleichbare Ergebnisse für NAT-6). In der kategorisierten Auswertung fanden sich die höchsten Risikoschätzer in der jeweils höchsten Pegelklasse, erreichten aber bei geringen Fallzahlen keine statistische Signifikanz. Bei getrennter Betrachtung von Eisenbahnverkehrslärm und Straßenbahnverkehrslärm ließen sich keine klaren Risikounterschiede erkennen (Tabelle 95) Statistische Signifikanz wurde lediglich für Straßenbahnlärm von 45 bis <50 dB $L_{max,22-06}$ erreicht (IRR=1,56; 95% KI 1,09-2,23).

Das Risiko für eine Angststörung (IRR) war bei bei 3 und mehr Aufwachreaktionen statistisch signifikant auf 2,56 erhöht (95% KI 1,02-6,43). Bei weniger als 3 Aufwachreaktionen fand sich keine Risikoerhöhung für eine Angststörung. Die Ergebnisse finden sich in Tabelle 96.

Für den Fluglärm ließ sich ein Anstieg des Angststörungsrisikos mit steigenden Pegelwerten feststellen, der allerdings bei sehr geringen Fallzahlen keine statistische Signifikanz erreichte (L_{DEN} pro 10 dB: IRR=1,336; 95% KI 0,913-1,955; L_{Night} pro 10 dB: IRR=1,591; 95% KI 0,765-3,308; NAT-6 pro 10 dB: IRR=1,112; 95% KI 0,820-1,516). In der jeweils höchsten Pegelklasse des L_{DEN} (55- <60 dB; IRR=3,37; 95% KI 1,03-11,0) und des L_{Night} (50- <55 dB; IRR=3,31; 95% KI 1,01-10,8) fand sich bei sehr geringen Fallzahlen ein statistisch signifikant erhöhtes Angststörungsrisiko (Tabelle 94). Eine Analyse der Aufwachreaktionen war aufgrund der sehr geringen Fallzahlen nicht möglich: lediglich 16 Probanden wiesen zwischen einer und <2 Aufwachreaktionen auf; keine Probanden wiesen 2 oder mehr Aufwachreaktionen auf (Tabelle 97).

Tabelle 94: Inzidente Angststörung: Inzidenzraten-Ratios (IRR) der multivariablen logistischen Regressionsanalysen im „Grundmodell“

	Straßenverkehrslärm				Schienenverkehrslärm				Fluglärm			
	Ge- samt	GAD ≥10 ³	IRR	95%KI	Gesamt	GAD ≥10 ³	IRR	95%KI	Gesamt	GAD ≥10 ³	IRR	95%KI
L_{DEN}												
< 40 dB					567	29	1	Referenz				
<40dB, Max. <50dB									4445	209	1	Referenz
<40dB, Max. ≥50dB (NAT-6) ¹									98	4	0,84	0,32-2,24
≥40 – <45 dB					1057	50	0,90	0,58-1,40	362	23	1,49	0,98-2,24
≥45 – <50 dB					1179	55	0,87	0,56-1,35	87	1	0,24	0,04-1,68
< 50 dB	172	12	1	Referenz								
≥50 – <55 dB	364	18	0,74	0,37-1,49	1037	51	0,92	0,59-1,43	20	2	2,53	0,73-8,75
≥55 – <60 dB	1428	64	0,68	0,37-1,22	480	22	0,89	0,52-1,51	11	2	3,37	1,03-11,0
≥60 dB					462	34	1,27	0,79-2,06				
≥60 – <65 dB	1950	100	0,73	0,41-1,29								
≥65 – <70 dB	1025	42	0,56	0,30-1,04								
≥70 dB	84	5	0,69	0,25-1,88								
Kontinuierlich (Pro 10 dB)			0,845	0,664-1,075			1,066	0,941-1,242			1,336	0,913-1,955
L_{Night}												
< 40 dB	167	11	1	Referenz	2290	112	1	Referenz				
<40dB, Max. <50dB									4565	218	1	Referenz
<40dB, Max. ≥50dB (NAT-6) ¹									365	18	1,09	0,68-1,73
≥40 – <45 dB	409	21	0,82	0,41-1,64	1049	52	0,99	0,72-1,37	66	1	0,33	0,05-2,27
≥45 – <50 dB	1676	77	0,72	0,40-1,33	815	33	0,83	0,57-1,21	16	2	2,89	0,86-9,77
≥50 – <55 dB	1973	96	0,73	0,40-1,32	298	22	1,47	0,95-2,27	11	2	3,31	1,01-10,8
≥55 – <60 dB	728	31	0,60	0,31-1,18	240	14	1,07	0,62-1,82				
≥60 dB	70	5	0,88	0,32-2,41	90	8	1,62	0,81-3,23				
Kontinuierlich (Pro 10 dB)			0,845	0,650-1,060			1,096	0,930-1,292			1,591	0,765-3,308

	Straßenverkehrslärm				Schienenverkehrslärm				Fluglärm			
	Gesamt	GAD $\geq 10^3$	IRR	95%KI	Gesamt	GAD $\geq 10^3$	IRR	95%KI	Gesamt	GAD $\geq 10^3$	IRR	95%KI
NAT-6²												
< 40 dB					1008	47	1	Referenz				
$\geq 40 - < 45$ dB	-	-			372	18	1,02	0,60-1,74	2776	133	1	Referenz
$\geq 45 - < 50$ dB	-	-			779	40	1,11	0,74-1,67	1789	85	1,00	0,77-1,30
$\geq 50 - < 55$ dB	-	-			1035	46	0,93	0,63-1,38	278	13	1,04	0,60-1,80
$\geq 55 - < 60$ dB	-	-			755	32	0,90	0,59-1,40	128	6	1,00	0,45-2,20
≥ 60 dB	-	-			1072	58	1,14	0,79-1,66	52	4	1,71	0,68-4,29
Kontinuierlich							1,047	0,937-1,170			1,112	0,82-1,516

¹entspricht NAT-6

²nur NAT-6 Eisenbahnverkehrslärm

³GAD = Generalized Anxiety Disorder (GAD ≥ 10 : Grenzwert für eine klinisch relevante Angstsymptomatik)

Grundmodell adjustiert für: Alter (5-Jahres-Kategorien), Geschlecht und sozioökonomischen Status (3 Kategorien)

Tabelle 95: Inzidente Angststörung: Inzidenzraten-Ratios (IRR) der multivariablen logistischen Regressionsanalysen im „Grundmodell“ für Schienenverkehrslärm (getrennt betrachtet)

	Eisenbahnverkehrslärm				Straßenbahnverkehrslärm				Schienenverkehrslärm (Eisen- und Straßenbahn kombiniert)			
	Gesamt	GAD $\geq 10^1$	IRR	95%KI	Gesamt	GAD $\geq 10^1$	IRR	95%KI	Gesamt	GAD $\geq 10^1$	IRR	95%KI
L_{DEN}												
< 40 dB	2010	100	1,0	Referenz	2328	107	1,0	Referenz	567	29	1	Referenz
$\geq 40 - < 45$ dB	97	39	0,77	0,53-1,11	1199	62	1,11	0,82-1,51	1057	50	0,90	0,58-1,40
$\geq 45 - < 50$ dB	799	36	0,89	0,62-1,29	608	28	0,99	0,65-1,49	1179	55	0,87	0,56-1,35
$\geq 50 - < 55$ dB	735	36	0,98	0,67-1,42	410	18	0,89	0,55-1,44	1037	51	0,92	0,59-1,43
$\geq 55 - < 60$ dB	318	18	1,17	0,73-1,89	168	4	0,52	0,19-1,38	480	22	0,89	0,52-1,51
≥ 60 dB	188	12	1,26	0,71-2,23	307	22	1,37	0,88-2,15	462	34	1,27	0,79-2,06
Kontinuierlich (Pro 10 dB)			1,035	0,890-1,203			1,026	0,930-1,292			1,066	0,941-1,242
L_{Night}												
< 40 dB	3343	155	1,0	Referenz	3814	189	1,0	Referenz	2290	112	1,0	Referenz
$\geq 40 - < 45$ dB	744	38	1,11	0,79-1,57	423	23	1,04	0,68-1,58	1049	52	0,99	0,72-1,37
$\geq 45 - < 50$ dB	593	26	0,96	0,64-1,44	233	6	0,52	0,24-1,14	815	33	0,83	0,57-1,21
$\geq 50 - < 55$ dB	216	15	1,58	0,96-2,61	97	8	1,43	0,72-2,84	298	22	1,47	0,95-2,27
$\geq 55 - < 60$ dB	86	4	0,90	0,35-2,33	166	10	1,09	0,59-2,02	240	14	1,07	0,62-1,82
≥ 60 dB	41	3	1,61	0,53-3,40	46	5	1,82	0,77-4,27	90	8	1,62	0,81-3,23
Kontinuierlich (Pro 10 dB)			1,121	0,926-1,355			1,051	0,864-1,279			1,096	0,930-1,292
$L_{max,22-06}$												
< 40 dB	677	32	1	Referenz	2225	92	1	Referenz	297	11	1	Referenz
$\geq 40 - < 45$ dB	171	10	1,09	0,55-2,17	644	36	1,36	0,93-1,97	154	11	1,80	0,80-4,04
$\geq 45 - < 50$ dB	481	31	1,31	0,81-2,12	627	40	1,56	1,09-2,23	368	23	1,68	0,84-3,38
$\geq 50 - < 55$ dB	1085	44	0,82	0,53-1,28	490	23	1,11	0,71-1,74	987	42	1,10	0,58-2,09
$\geq 55 - < 60$ dB	1057	48	0,90	0,59-1,38	380	19	1,16	0,72-1,87	1154	56	1,22	0,65-2,28
$\geq 60 - < 65$ dB	663	37	1,13	0,72-1,79	258	8	0,73	0,36-1,47	829	39	1,21	0,63-2,32
$\geq 65 - < 70$ dB	420	14	0,68	0,37-1,24	124	4	0,78	0,29-2,08	519	16	0,79	0,37-1,67

	Eisenbahnverkehrslärm				Straßenbahnverkehrslärm				Schienenverkehrslärm (Eisen- und Straßenbahn kombiniert)			
	Gesamt	GAD $\geq 10^1$	IRR	95%KI	Gesamt	GAD $\geq 10^1$	IRR	95%KI	Gesamt	GAD $\geq 10^1$	IRR	95%KI
≥ 70 dB	469	25	1,05	0,64-1,74	275	19	1,45	0,90-2,35	715	43	1,45	0,76-2,76
Kontinuierlich (Pro 10 dB)			0,999	0,893-1,117			1,036	0,941-1,141			1,032	0,915-1,163

¹GAD = Generalized Anxiety Disorder (GAD ≥ 10 : Grenzwert für eine klinisch relevante Angstsymptomatik)

Grundmodell adjustiert für: Alter (5-Jahres-Kategorien), Geschlecht und sozioökonomischen Status (3 Kategorien)

Tabelle 96: Inzidente Angststörung: Inzidenzraten-Ratios (IRR) der multivariablen logistischen Regressionsanalysen für Eisenbahnverkehrslärm im „Grundmodell“

	Aufwachreaktionen Eisenbahnverkehrslärm			
	Gesamt	GAD $\geq 10^1$	IRR	95%KI
0-<1	4143	202	1	Referenz
≥ 1 -<2	702	32	0,94	0,66-1,35
≥ 2 -<3	144	3	0,45	0,15-1,37
≥ 3	30	4	2,56	1,02-6,43

¹GAD = Generalized Anxiety Disorder (GAD ≥ 10 : Grenzwert für eine klinisch relevante Angstsymptomatik)

Grundmodell adjustiert für: Alter (5-Jahres-Kategorien), Geschlecht und sozioökonomischen Status (3 Kategorien)

Tabelle 97: Inzidente Angststörung: Deskriptive Statistik für Aufwachreaktionen durch Fluglärm

Aufwachreaktionen	Keine Angststörung (GAD <10)		Angststörung (GAD ≥ 10)	
	n	%	n	%
0-<1	4769	98,1	238	96,0
≥ 1 -<2	13	0,3	3	1,2
Missings	80	1,6	7	2,8

4.3.12.2 Weitere Modelle (Modell B-F)

Die Analysen mittels Direkte-Effekte-Modell bestätigen die Ergebnisse des Grundmodells, und es fanden sich insgesamt ähnliche Risikoschätzer für Straßen- und Schienenverkehrslärm. Der Zusammenhang zwischen dem $L_{\max,22-06}$ Straßenbahnverkehrslärm und dem Risiko für eine inzidente Angststörung war im Direkt-Effekte-Modell deutlicher ausgeprägt, insbesondere bei Lärmpegeln zwischen 40 und 50 dB (≥ 40 -<45 dB: IRR=1,46; 95% KI 1,00-2,13 und ≥ 45 -<50 dB: IRR=1,66; 95% KI 1,16-2,39). Auch das Risiko für eine inzidente Angststörung durch 3 und mehr eisenbahnlärmbedingte Aufwachreaktionen stieg im Direkte-Effekte-Modell an (IRR=2,91; 95% KI 1,14-7,43). Höhere Risikoschätzer wurden auch für den Zusammenhang zwischen Fluglärmbelastung (L_{DEN} und L_{Night}) und einer inzidenten Angststörung bei zusätzlicher Adjustierung für BMI, Kindheitstraumata, Luftschadstoffbelastung und körperliche Aktivität beobachtet (L_{DEN} : IRR=1,31; 95% KI 0,86-1,99 pro 10 dB; L_{Night} : IRR=1,59; 95% KI 0,77-3,28 pro 10 dB). Wurden in das Direkte-Effekte-Modell zusätzlich noch Alkoholkonsum und Rauchen aufgenommen, stiegen die Risiken für eine inzidente Angststörung durch Fluglärmbelastung weiter geringfügig an (L_{DEN} : IRR=1,32; 95% KI 0,97-2,02 pro 10 dB; L_{Night} : IRR=1,65, 95% KI 0,80-3,40 pro 10 dB). Eine ähnliche Beobachtung fand sich auch für die eisenbahnverkehrslärmbedingten Aufwachreaktionen (≥ 3 Aufwachreaktionen: IRR=3,08; 95% KI 1,19-7,96). Für den $L_{\max,22-06}$ Straßenbahnverkehrslärm ergaben sich bei Lärmpegeln zwischen 40-50 dB vergleichbare Risiken im Modell C (≥ 40 -<45 dB: IRR=1,44; 95% KI 0,99-2,11; ≥ 45 -<50 dB: IRR=1,65; 95% KI 1,15-2,37). Die Ergebnisse sind in den Tabellen im Anhang zusammengefasst bzw. auf Nachfrage bei den Autoren erhältlich.

Wurde in das Grundmodell zusätzlich noch eine hohe Belästigung und/oder eine starke Schlafgestörttheit durch die jeweilige Verkehrslärmart einbezogen (Modelle D-F), so verringerten sich die Risikoerhöhungen deutlich, für die meisten Analysen fanden sich überhaupt keine Risikoerhöhungen mehr. Dies weist auf eine intermediäre Rolle von Belästigung bzw. Schlafstörungen auf dem pathophysiologischen „Wirkpfad“ vom Verkehrslärm zu einer Angststörung hin. Die Ergebnistabellen sind im Anhang zu finden.

4.3.12.3 Stratifizierung

Eine Stratifizierung des Grundmodells nach Männern und Frauen ergab bei geringen Fallzahlen, breiten 95%-Konfidenzintervallen und deutlicher Überlappung der Konfidenzintervalle überwiegend keine belastbaren Hinweise auf eine Effektmodifikation durch das Geschlecht. Erwähnenswert ist, dass bei 3 und mehr eisenbahnlärmbedingten Aufwachreaktionen der Risikoschätzer (IRR) für Männer 5,11 (95% KI 1,44-18,17) und für Frauen lediglich 1,72 (95% KI 0,48-6,22) betrug.

Die meisten Teilnehmenden der LIFE-Studie wohnten in Gebäuden ohne Lärmschutz (n=3467 ohne Angststörung und n=197 mit inzidenter Angststörung). 1047 Personen ohne und 19 Personen mit inzidenter Angststörung verfügten über Lärmschutz in den Wohngebäuden. Bei geringen Fallzahlen und breit überlappenden 95%-Konfidenzintervallen ließ sich kein eindeutiger Hinweis auf eine Effektmodifikation durch Lärmschutzmaßnahmen feststellen. Beim Fluglärm waren erhöhte Risiken für eine inzidente Angststörung in der Nacht tendenziell eher bei Personen mit Lärmschutz im Wohnumfeld zu finden (L_{Night} : Lärmschutz vorhanden: IRR= 2,08; 95% KI 0,96-4,50 pro 10 dB; kein Lärmschutz: IRR=1,29; 95% KI 0,35-4,70 pro 10 dB). Die Ergebnisse sind auf Anfrage bei den Autoren erhältlich.

4.3.12.4 Sensitivitätsanalyse: Einschluss von Personen mit fehlenden Angaben zu einer vorliegenden Angststörung bei der Baseline-Untersuchung

Werden Personen eingeschlossen, von denen keine Daten zum Vorliegen einer Angststörung bei Baseline vorhanden waren, können insgesamt 4938 Personen ohne und 255 Personen mit Angststörung in die Analyse einbezogen werden. Die Inzidenz für eine Angststörung innerhalb der letzten 5 Jahre lag mit 4,9% vergleichbar hoch wie in der Hauptanalyse. Die Beschreibung der Stichprobe findet sich in der Tabelle im Anhang. Die Sensitivitätsanalyse führte zu vergleichbaren Ergebnissen wie die Analyse des Grundmodells.

4.3.13 Ergebnisse zum Zusammenhang zwischen Verkehrslärm und hoher Belästigung bei der Follow-up-Befragung

4.3.13.1 Beschreibung der Stichprobe

In der Follow-up-Befragung wurden zusätzlich das Ausmaß von Belästigung und selbstberichteten Schlafstörungen aufgrund von Verkehrslärm erfragt. Für die Auswertung des Belästigungsempfindens wurden die Werte nach Fields et al. (2001) pro Lärmquelle kategorisiert. Personen, die „stark“ (4) und „äußert gestört“ (5) auf der Skala angegeben hatten, wurden als hoch belästigt („*highly annoyed*“) definiert. Für die Auswertung der lärmbedingten Schlafstörungen wurde ein Mittelwert über die drei Items (Einschlafen, Nachtschlaf und Ausschlafen) gebildet (siehe auch Schreckenberger et al. 2016). Personen mit einem Wert von ≥ 4 („stark“ und „äußerst gestört“) wurden als hochgradig schlafgestört definiert („*highly sleep disturbed*“).

Insgesamt fühlten sich 9,4% der Teilnehmenden durch Straßenverkehrslärm hoch belästigt. Der Anteil der Frauen lag dabei mit 54,5% etwas höher. Personen im Alter zwischen 50 und 59 Jahren gaben vergleichsweise häufiger an, hoch belästigt durch Straßenverkehrslärm zu sein. Des Weiteren waren Teilnehmende, die durch Straßenverkehrslärm hoch belästigt waren, tendenziell durch einen niedrigen bis mittleren sozioökonomischen Status charakterisiert (niedriger SES: 19,0% versus 15%, mittlerer SES: 64,8% versus 60,7%). Es fanden sich nur geringe Unterschiede im BMI und in der körperlichen Aktivität in Bezug auf Belästigung. Auch beim Alkoholkonsum waren keine Unterschiede zu verzeichnen. Tendenzial waren mehr durch Straßenverkehrslärm hoch belästigte Personen aktive Raucher.

Traumatische Kinderheitsereignisse erlebten 76,6% der nicht Belästigten und 79,9% der hoch Belästigten.

Personen, die sich hoch belästigt fühlten, waren deutlich mehr von (selbstberichteten) Schlafstörungen aufgrund von Straßenverkehrslärm betroffen (24% versus 0,6%). Es gab keine deutlichen Unterschiede im Vorhandensein von Lärmschutzmaßnahmen sowie im Umzugsverhalten zwischen hoch Belästigten und nicht Belästigten (21,4% versus 22,7%). Die Belastung durch Stickstoffdioxid war etwas höher bei Personen, die sich durch Straßenverkehrslärm hoch belästigt fühlten (NO₂: 22,64 µg/m³ (SD ± 4,40) versus 20,79 µg/m³ (SD ± 3,63); PM₁₀: 22,83 µg/m³ (SD ± 1,90) versus 22,04 µg/m³ (SD ± 1,73)).

Eine Zusammenfassung findet sich in Tabelle 98.

Tabelle 98: Belästigung durch Straßenverkehrslärm: Charakterisierung der Stichprobe

		Keine Belästigung		Starke Belästigung	
		n	%	n	%
Insgesamt		4671	100	437	100
Geschlecht					
	Männer	2219	47,5	199	45,5
	Frauen	2452	52,5	238	54,5
Alter (Jahre) bei Baseline					
	18-24	0	0	0	0
	25-29	34	0,7	1	0,2
	30-34	62	1,3	5	1,1
	35-39	58	1,2	10	2,3
	40-44	68	1,5	10	2,3
	45-49	425	9,1	31	7,1
	50-54	609	13,0	87	19,9
	55-59	567	12,1	61	14,0
	60-64	507	10,9	45	10,3
	65-69	654	14,0	45	10,3
	70-74	615	13,2	52	11,9
	75-80	672	14,4	64	14,6
	80+	400	8,6	26	5,9
Sozioökonomischer Status bei Baseline					
	Niedrig	702	15,0	83	19,0
	Mittel	2834	60,7	283	64,8
	Hoch	1127	24,1	71	16,2
	<i>Fehlende Angabe</i>	8	0,2	0	0
BMI bei Baseline					
	unter 24,9	1685	36,1	152	34,8
	25-29,9	1927	41,3	171	39,1
	30+	1049	22,5	113	25,9
	<i>Fehlende Angabe</i>	10	0,2	1	0,2
Körperliche Aktivität bei Baseline					
	Niedrig	472	10,1	37	8,5
	Mittel	1167	25,0	107	24,5

		Keine Belästigung		Starke Belästigung	
	Hoch	2408	51,6	237	54,2
	<i>Fehlende Angabe</i>	624	13,4	56	12,8
Alkoholkonsum bei Baseline					
	Kein Konsum und kein Risikokonsum	3279	70,2	309	70,7
	Risikokonsum	1392	29,8	128	29,3
Rauchverhalten bei Baseline					
	Nierauchende	2395	51,3	217	49,7
	Aktiv, ≤ 20 PJ ¹	472	10,1	56	12,8
	Aktiv, > 20-40 PJ ¹	209	4,5	26	5,9
	Aktiv, > 40 PJ ¹	99	2,1	12	2,7
	Ex-Rauchende	1493	32,0	126	28,8
	<i>Fehlende Angaben</i>	3	0,1	0	0
Passivrauch					
	Bis zu 7 Stunden/Woche	3945	84,5	359	82,2
	Über 7 Stunden/Woche	230	4,9	33	7,6
	<i>Fehlende Angaben</i>	496	10,6	45	10,3
Traumatische Kindheitsereignisse					
	Niemals	1008	21,6	75	17,2
	Jemals	2580	76,6	349	79,9
	<i>Fehlende Angaben</i>	83	1,8	13	3,0
Hochgradig schlafgestört durch Straßenverkehrslärm beim Follow-up					
	Nein	4625	99,0	326	74,6
	Ja	28	0,6	105	24,0
	<i>Fehlende Angaben</i>	18	0,4	6	1,4
Lärmschutzmaßnahmen beim Follow-up					
	Nein	3299	70,6	313	71,6
	Ja	1000	21,4	99	22,7
	<i>Fehlende Angaben</i>	372	8,0	25	5,7
Umzug zwischen Baseline und Follow-up					
	Nein	3875	83,0	359	82,2
	Ja	776	16,6	75	17,2
	<i>Fehlende Angaben</i>	20	0,4	3	0,7
Luftschadstoffe (µg/m³)					
PM10	Mittelwert		22,04		22,83
	SD		1,73		1,90
	Wertebereich		17,93-30,6		17,93-29,15
NO₂	Mittelwert		20,79		22,64
	SD		3,63		4,40
	Wertebereich		13,91-59,94		13,91-41,85

Etwa 3,8% der Teilnehmenden fühlten sich durch Schienenverkehrslärm hoch belästigt. Der Anteil der Frauen betrug 61,5%. Personen im Alter zwischen 50 und 59 Jahren gaben vergleichsweise häufiger an, hoch belästigt durch Schienenverkehrslärm waren. Wie auch beim Straßenverkehrslärm, waren

mehr hoch Belästigte durch Schienenverkehrslärm durch einen niedrigen bis mittleren sozioökonomischen Status charakterisiert (niedriger SES: 18,4% versus 14,7%, mittlerer SES: 63,1% versus 60,9%). Es zeigten sich tendenzielle Unterschiede im BMI und in der körperlichen Aktivität in Bezug auf Belästigung durch Schienenverkehrslärm: Personen, die sich hoch belästigt fühlten, hatten häufiger einen normalen BMI (46,4% versus 40,9%) und waren aktiver im Vergleich zu Personen, die sich nicht hoch belästigt fühlten. Im Alkoholkonsum, Rauchverhalten und dem Erleben von Kindheitstraumata zeigten sich nur geringe Unterschiede. Allerdings berichteten deutlich mehr hoch durch Schienenverkehrslärm belästigte Teilnehmende von Schlafgestörtheit durch Schienenverkehrslärm im Vergleich zu Personen, die sich nicht belästigt fühlten (30,7% versus 0,3%). Des Weiteren war bei weniger hoch Belästigten Lärmschutz vorhanden als bei den nicht Belästigten (17,3% versus 21,5%). Es fanden sich keine Unterschiede im Umzugsverhalten in Bezug auf Belästigung durch Schienenverkehrslärm. Die Luftschadstoffbelastung durch Stickstoffdioxid war mit 22,70 µg/m³ (SD ± 3,75) bei den hoch Belästigten geringfügig höher als bei den nicht Belästigten (20,86 µg/m³ (SD ± 3,66)). Die PM₁₀-Belastung betrug im Mittel 22,70 µg/m³ (SD ± 1,74) und 22,94 µg/m³ (SD ± 2,11).

In Tabelle 99 sind die deskriptiven Ergebnisse zusammengefasst.

Tabelle 99: Belästigung durch Schienenverkehrslärm: Charakterisierung der Stichprobe

		Keine Belästigung		Starke Belästigung	
		n	%	n	%
Insgesamt		4672	100	179	100
Geschlecht					
	Männer	2241	48,0	69	38,5
	Frauen	2431	52,0	110	61,5
Alter (Jahre) bei Baseline					
	18-24	0	0	0	0
	25-29	33	0,7	1	0,6
	30-34	64	1,4	3	1,7
	35-39	64	1,4	3	1,7
	40-44	73	1,6	4	2,2
	45-49	429	9,2	16	8,9
	50-54	652	14,0	34	19,0
	55-59	592	12,7	23	12,8
	60-64	506	10,8	22	12,3
	65-69	639	13,7	24	13,4
	70-74	592	12,7	18	10,1
	75-80	656	14,0	21	11,7
	80+	372	8,0	10	5,6
Sozioökonomischer Status bei Baseline					
	Niedrig	688	14,7	33	18,4
	Mittel	2843	60,9	113	63,1
	Hoch	1134	24,3	33	18,4
	<i>Fehlende Angabe</i>	7	0,1	0	0
BMI bei Baseline					
	unter 24,9	1696	36,3	61	34,1
	25-29,9	1909	40,9	83	46,4

	Keine Belästigung		Starke Belästigung	
30+	1057	22,6	35	19,6
<i>Fehlende Angabe</i>	10	0,2	0	0
Körperliche Aktivität bei Baseline				
Niedrig	480	10,3	12	6,7
Mittel	1175	25,1	43	24,0
Hoch	2428	52,0	102	57,0
<i>Fehlende Angabe</i>	589	12,6	22	12,3
Alkoholkonsum bei Baseline				
Kein Konsum und kein Risikokonsum	3278	70,2	130	72,9
Risikokonsum	1394	29,8	49	27,4
Rauchverhalten bei Baseline				
Nierauchende	2402	51,4	94	52,7
Aktiv, ≤ 20 PJ ¹	486	10,4	14	7,8
Aktiv, > 20-40 PJ ¹	216	4,6	10	5,6
Aktiv, > 40 PJ ¹	103	2,2	3	1,7
Ex-Rauchende	1462	31,3	58	32,4
<i>Fehlende Angaben</i>	3	0,1	0	0
Passivrauch-Exposition bei Baseline				
Bis zu 7 Stunden/Woche	3968	84,9	147	82,1
Über 7 Stunden/Woche	235	5,0	13	7,3
<i>Fehlende Angaben</i>	469	10,0	19	10,6
Traumatische Kindheitsereignisse				
Niemals	1008	21,6	34	19,0
Jemals	3581	76,6	143	79,9
<i>Fehlende Angaben</i>	83	1,8	2	1,1
Hochgradig schlafgestört durch Schienenverkehrslärm beim Follow-up				
Nein	4565	97,7	122	68,2
Ja	15	0,3	55	30,7
<i>Fehlende Angaben</i>	92	2,0	2	1,1
Lärmschutzmaßnahmen beim Follow-up				
Nein	3324	71,1	135	75,4
Ja	1005	21,5	31	17,3
<i>Fehlende Angaben</i>	343	7,3	13	7,3
Umzug zwischen Baseline und Follow-up				
Nein	3877	83,0	146	81,6
Ja	775	16,6	32	17,9
<i>Fehlende Angaben</i>	20	0,4	1	0,6
Luftschadstoffe (µg/m³)				
PM10	Mittelwert	22,70		22,94
	SD	1,74		2,11
	Wertebereich	17,93-30,6		18,81-30,32
NO₂	Mittelwert	20,86		22,18
	SD	3,66		3,75
	Wertebereich	13,91-59,94		15,85-40,77

Etwa 3,7% der Teilnehmenden bei der Follow-up-Befragung fühlten sich durch Fluglärm hoch belästigt. Es waren anteilig mehr Männer als Frauen durch Fluglärm hoch belästigt (58,2% versus 41,8%). Personen im Alter zwischen 50 und 54 Jahren gaben vergleichsweise häufiger an, hoch belästigt durch Fluglärm zu sein (22,0% hoch Belästigte versus 13,7% nicht Belästigte). Durch Fluglärm nicht belästigte Personen hatten tendenziell einen höheren Sozialstatus (24,0% versus 19,8%). Es fanden sich Unterschiede im BMI und der körperlichen Aktivität in Bezug auf Belästigung durch Fluglärm: Der Anteil an Personen mit einem niedrigen BMI (d.h. unter 24,9) lag bei 36,4% bei nicht Belästigten und 29,1% bei hoch Belästigten. Etwas mehr hoch Belästigte waren körperlich hoch aktiv (57,1% versus 51,9%). Tendenziell lag der Anteil an Personen mit einem riskanten Alkoholkonsum mit 33,5% bei den hoch Belästigten versus 29,4% bei den nicht Belästigten höher. Es fanden sich keine Unterschiede im Rauchverhalten. 80,8% der durch Fluglärm hoch Belästigten und 76,7% der nicht Belästigten hatten jemals traumatische Kindheitsereignisse erlebt. Rund die Hälfte aller Personen (49,5%), die sich durch Fluglärm hoch belästigt fühlten, berichteten Schlafstörungen aufgrund von Fluglärm. Bei den nicht Belästigten gaben lediglich 0,2% an, sich durch Fluglärm hochgradig schlafgestört zu fühlen. Weiterhin verfügte ein geringerer Anteil an hoch Belästigten über Lärmschutz in den Wohngebäuden, und ein geringerer Anteil an hoch Belästigten war zwischen Baseline-Untersuchung und Follow-up-Befragung umgezogen (Lärmschutz vorhanden: 15,9% versus 21,6%; Umzug: 12,1% versus 16,7%). Es fanden sich keine Unterschiede in der Luftschadstoffbelastung zwischen hoch und nicht Belästigten. Die Ergebnisse sind in Tabelle 100 dargestellt.

Tabelle 100: Belästigung durch Fluglärm: Charakterisierung der Stichprobe

		Keine Belästigung		Starke Belästigung	
		n	%	n	%
Insgesamt		4690	100	182	100
Geschlecht					
	Männer	2288	47,5	106	58,2
	Frauen	2462	52,5	76	41,8
Alter (Jahre) bei Baseline					
	18-24	0	0	0	0
	25-29	34	0,7	0	0
	30-34	66	1,4	1	0,5
	35-39	66	1,4	1	0,5
	40-44	75	1,6	3	1,6
	45-49	435	9,3	12	6,6
	50-54	644	13,7	40	22,0
	55-59	587	12,5	29	15,9
	60-64	511	10,9	20	11,0
	65-69	641	13,7	21	11,5
	70-74	591	12,6	24	13,2
	75-80	662	14,1	23	12,6
	80+	378	8,1	8	4,4
Sozioökonomischer Status bei Baseline					
	Niedrig	691	14,7	31	17,0
	Mittel	2865	61,1	115	63,2
	Hoch	1127	24,0	36	19,8
	<i>Fehlende Angabe</i>	7	0,1	0	0
BMI bei Baseline					

		Keine Belästigung		Starke Belästigung	
	unter 24,9	1706	36,4	53	29,1
	25-29,9	1922	41,0	89	48,1
	30+	1052	22,4	40	22,0
	<i>Fehlende Angabe</i>	10	0,2	0	0
Körperliche Aktivität bei Baseline					
	Niedrig	474	10,1	19	10,4
	Mittel	1176	25,1	36	19,8
	Hoch	2434	51,9	104	57,1
	<i>Fehlende Angabe</i>	606	12,9	23	12,6
Alkoholkonsum bei Baseline					
	Kein Konsum und kein Risikokonsum	3300	70,4	121	66,5
	Risikokonsum	1390	29,4	61	33,5
Rauchenverhalten bei Baseline					
	Nierauchende	2405	51,3	93	51,1
	Aktiv, ≤ 20 PJ ¹	493	10,5	15	8,2
	Aktiv, > 20-40 PJ ¹	218	4,6	9	4,9
	Aktiv, > 40 PJ ¹	101	2,2	4	2,2
	Ex-Rauchende	1470	31,3	61	33,5
	<i>Fehlende Angaben</i>	3	0,1	0	0
Passivrauch-Exposition bei Baseline					
	Bis zu 7 Stunden/Woche	3979	84,8	159	87,4
	Über 7 Stunden/Woche	237	5,1	8	4,4
	<i>Fehlende Angaben</i>	474	10,1	15	8,2
Traumatische Kindheitsereignisse					
	Niemals	1008	21,5	32	17,6
	Jemals	3599	76,7	147	80,8
	<i>Fehlende Angaben</i>	83	1,8	3	1,6
Hochgradig schlafgestört durch Fluglärm beim Follow-up					
	Nein	4622	98,6	92	50,5
	Ja	11	0,2	90	49,5
	<i>Fehlende Angaben</i>	57	1,2	0	0
Lärmschutzmaßnahmen beim Follow-up					
	Nein	3325	70,9	146	80,2
	Ja	1012	21,6	29	15,9
	<i>Fehlende Angaben</i>	353	7,5	7	3,8
Umzug zwischen Baseline und Follow-up					
	Nein	3886	82,9	160	87,9
	Ja	783	16,7	22	12,1
	<i>Fehlende Angaben</i>	21	0,4	0	0
Luftschadstoffe (µg/m³)					
PM10	Mittelwert		22,12		21,10
	SD		1,75		1,63
	Wertebereich		17,93-30,6		17,93-27,90
NO₂	Mittelwert		20,94		19,82

	Keine Belästigung	Starke Belästigung
SD	3,71	3,77
Wertebereich	13,91-59,94	13,91-41,86

4.3.13.2 Expositions-Risiko-Beziehung zwischen Verkehrslärm und darauf bezogener hoher Belästigung (Grundmodell)

Mittels logistischer Regressionsanalyse ließ sich die Expositions-Risiko-Beziehung zwischen der jeweiligen Verkehrslärmquelle und dem Vorliegen einer starken Belästigung ableiten: Für eine hohe Belästigung durch Straßenverkehrslärm lagen die Risikoschätzer bei $OR=3,55$ (95% KI 2,78-4,53, Tabelle 101) pro 10 dB für den L_{DEN} bzw. bei $OR=3,71$ (95% KI 2,91-4,73) pro 10 dB für die Belastung in der Nacht (L_{Night}). Vergleichbar hohe Risikoschätzer fanden sich auch für die Belästigung durch Schienenverkehrslärm (L_{DEN} : $OR=3,31$; 95% KI 2,77-3,97 pro 10 dB; L_{Night} : $OR=3,28$; 95% KI 2,74-3,93 pro 10 dB; NAT-6: $OR=1,34$, 95% KI 1,18-1,52 pro 10 dB, Tabelle 101). Bei getrennter Analyse zeigten sich höhere Risikoschätzer für eine hohe Belästigung durch Straßenbahnverkehrslärm im Vergleich zum Eisenbahnverkehrslärm (L_{DEN} : Straßenbahn: $OR=2,19$; 95% KI 1,91-2,51 pro 10 dB; Eisenbahn: $OR=1,46$; 95% KI 1,24-1,72 pro 10 dB; L_{Night} : Straßenbahn: $OR=2,72$; 95% KI 2,31-3,19 pro 10 dB; Eisenbahn: $OR=1,77$; 95% KI 1,46-2,16 pro 10 dB, Tabelle 102). Weiterhin war eine positive Expositions-Risiko-Beziehung zwischen der Anzahl an Aufwachreaktionen durch Eisenbahnverkehrslärm und dem Vorliegen einer hohen Belästigung festzustellen (Tabelle 103). Der Risikoschätzer für eine hohe Belästigung stieg auf $OR=1,55$ (95% KI 1,04-2,30) bei ≥ 1 -<2 Aufwachreaktionen, auf $OR=3,25$ (95% KI 1,78-5,93) bei ≥ 2 -<3 Aufwachreaktionen und auf $OR=7,98$ (95% KI 3,17-10,13) bei 3 und mehr Aufwachreaktionen. Etwa 13,7% der nicht belästigten Teilnehmenden und 17,9% der durch Schienenverkehrslärm belästigten Personen waren durch ≥ 1 bis <2 Aufwachreaktionen charakterisiert. Zwei bis <3 Aufwachreaktionen wurden für 2,7% der nicht belästigten und 7,3% der belästigten Teilnehmenden errechnet. Für etwa 0,5% nicht Belästigte und 3,4% hoch Belästigte ergaben sich rechnerisch ≥ 3 Aufwachreaktionen.

Der stärkste Zusammenhang mit einer hohen Belästigung fand sich für die Fluglärmbelastung (L_{DEN} : $OR=12,65$; 95% KI 9,37-17,10 pro 10 dB und L_{Night} : $OR=19,71$, 95% KI 11,65-33,35, Tabelle 101). Etwa 3,8% der hoch Fluglärmbelästigten und 0,2% der nicht Belästigten hatten ≥ 1 -<2 fluglärmbedingte Aufwachreaktionen (Tabelle 104).

Tabelle 101: Belästigung (HA): Odds Ratios (OR) der multivariablen logistischen Regressionsanalysen im „Grundmodell“

	Straßenverkehrslärm				Schienenverkehrslärm				Fluglärm			
	Gesamt	HA	OR	95%KI	Gesamt	HA	OR	95%KI	Gesamt	HA	OR	95%KI
L_{DEN}												
< 40 dB					575	4	1	Referenz				
<40dB, Max. <50dB									4277	77	1	Referenz
<40dB, Max. ≥50dB (NAT-6) ¹									97	3	1,62	0,50-5,25
≥40 – <45 dB					1048	16	2,20	0,73-6,61	339	56	10,6	7,32-15,3
≥45 – <50 dB					1187	18	2,14	0,72-6,37	91	29	26,0	15,7-42,8
< 50 dB	176	4	1	Referenz								
≥50 – <55 dB	365	15	1,84	0,60-5,63	1058	32	4,38	1,54-12,5	21	11	52,5	21,4-128,7
≥55 – <60 dB	1427	82	2,64	0,95-7,29	489	33	10,4	3,65-29,5	11	5	42,7	12,5-146,1
≥60 dB					459	75	27,3	9,88-75,3				
≥60 – <65 dB	1974	154	3,65	1,34-9,99								
≥65 – <70 dB	1046	154	7,60	2,77-20,8								
≥70 dB	85	26	18,7	6,25-56,1								
Kontinuierlich (Pro 10 dB)			3,549	2,783-4,527			3,313	2,768-3,966			12,653	9,365-17,096
L_{Night}												
< 40 dB	171	4	1	Referenz	2296	33	1	Referenz				
<40dB, Max. <50dB									4298	92	1	Referenz
<40dB, Max. ≥50dB (NAT-6) ¹									300	50	7,60	5,27-11,0
≥40 – <45 dB	402	15	1,60	0,52-4,89	1067	25	1,63	0,96-2,76	45	23	24,3	14,0-42,0
≥45 – <50 dB	1693	99	2,60	0,95-7,17	819	31	2,71	1,64-4,45	6	11	76,4	27,3-213,6
≥50 – <55 dB	2000	168	3,85	1,41-10,5	302	28	7,09	4,22-11,9	6	5	36,8	10,8-125,8
≥55 – <60 dB	736	128	8,81	3,20-24,2	237	43	14,6	9,03-23,5				
≥60 dB	71	21	16,9	5,51-51,6	95	18	16,3	8,73-30,4				
Kontinuierlich			3,710	2,909-4,730			3,282	2,743-3,927			19,713	11,652-33,352
NAT-6²												
< 40 dB					967	31	1	Referenz				
≥40 – <45 dB					353	11	0,94	0,47-1,90	2633	45	1	Referenz

	Straßenverkehrslärm				Schienenverkehrslärm				Fluglärm			
	Gesamt	HA	OR	95%KI	Gesamt	HA	OR	95%KI	Gesamt	HA	OR	95%KI
≥45 – <50 dB					750	24	1,00	0,58-1,72	1665	47	1,64	1,08-2,48
≥50 – <55 dB					987	25	0,78	0,45-1,33	230	31	7,73	4,79-12,50
≥55 – <60 dB					713	29	1,26	0,75-2,12	96	35	20,85	12,76-34,07
≥60 dB					1043	58	1,77	1,13-2,77	31	23	41,15	22,20-76,60
Kontinuierlich (Pro 10 dB)							1,34	1,18-1,52			6,863	5,362-8,784

¹entspricht NAT-6

²Nur NAT-6 Eisenbahnverkehrslärm

Grundmodell adjustiert für: Alter (5-Jahres-Kategorien), Geschlecht und sozioökonomischen Status (3 Kategorien)

Tabelle 102: Belästigung (HA): Odds Ratios (OR) der multivariablen logistischen Regressionsanalysen im „Grundmodell“ für Schienenverkehrslärm (getrennt betrachtet)

	Eisenbahnverkehrslärm				Straßenbahnverkehrslärm				Schienenverkehrslärm			
	Gesamt	HA	OR	95%KI	Gesamt	HA	OR	95%KI	Gesamt	HA	OR	95%KI
L_{DEN}												
< 40 dB	1922	67	1	Referenz	2238	50	1	Referenz	575	4	1	Referenz
≥40 – <45 dB	927	25	0,75	0,47-1,20	1144	23	0,90	0,54-1,48	1048	16	2,20	0,73-6,61
≥45 – <50 dB	774	22	0,80	0,49-1,30	580	15	1,16	0,65-2,09	1187	18	2,14	0,72-6,37
≥50 – <55 dB	703	21	0,85	0,51-1,40	407	24	2,72	1,65-4,48	1058	32	4,38	1,54-12,5
≥55 – <60 dB	314	17	1,61	0,93-2,79	163	17	5,31	2,98-9,46	489	33	10,4	3,65-29,5
≥60 dB	176	26	4,80	2,95-7,81	281	49	9,11	5,97-13,9	459	75	27,3	9,88-75,3
Kontinuierlich (Pro 10 dB)			1,461	1,239-1,723			2,185	1,906-2,505			3,313	2,768-3,966
L_{Night}												
< 40 dB	3194	105	1	Referenz	3839	85	1	Referenz	2296	33	1	Referenz
≥40 – <45 dB	718	17	0,71	0,42-1,19	439	21	2,20	1,35-3,60	1067	25	1,63	0,96-2,76
≥45 – <50 dB	577	21	0,12	0,69-1,80	227	17	3,67	2,14-6,31	819	31	2,71	1,64-4,45
≥50 – <55 dB	211	13	1,97	1,08-3,57	91	16	9,41	5,24-16,9	302	28	7,09	4,22-11,9
≥55 – <60 dB	76	12	5,19	2,71-9,96	167	32	10,2	6,51-15,9	237	43	14,6	9,03-23,5
≥60 dB	40	10	10,5	4,96-22,3	50	7	7,30	3,15-16,9	95	18	16,3	8,73-30,4
Kontinuierlich (Pro 10 dB)			1,774	1,456-2,161			2,718	2,314-3,194			3,282	2,743-3,927
L_{max,22-06}												
< 40 dB	647	19	1	Referenz	2131	47	1	Referenz	288	3	1	Referenz
≥40 – <45 dB	169	7	1,32	0,54-3,19	615	13	0,97	0,52-1,80	146	2	1,29	0,21-7,84
≥45 – <50 dB	446	13	0,96	0,47-1,96	592	12	0,92	0,49-1,75	344	2	0,55	0,09-3,30
≥50 – <55 dB	1042	33	1,06	0,59-1,88	490	14	1,29	0,70-2,36	950	10	0,99	0,27-3,64
≥55 – <60 dB	1006	25	0,80	0,44-1,48	370	15	1,88	1,04-3,40	1100	24	2,05	0,61-6,86
≥60 – <65 dB	639	26	1,37	0,74-2,50	247	17	3,30	1,86-5,85	801	30	3,63	1,10-12,01
≥65 – <70 dB	409	17	1,39	0,71-2,71	111	10	4,52	2,21-9,24	498	25	4,94	1,48-16,53

	Eisenbahnverkehrslärm				Straßenbahnverkehrslärm				Schienenverkehrslärm			
	Gesamt	HA	OR	95%KI	Gesamt	HA	OR	95%KI	Gesamt	HA	OR	95%KI
≥70 dB	458	38	2,88	1,63-5,09	260	50	10,32	6,72-15,84	689	82	12,33	3,86-39,41
Kontinuierlich (Pro 10 dB)			1,358	1,191- 1,547			1,781	1,604-1,976			2,355	2,039-2,719

Grundmodell adjustiert für: Alter (5-Jahres-Kategorien), Geschlecht und sozioökonomischen Status (3 Kategorien)

Tabelle 103: Belästigung in Abhängigkeit von Aufwachreaktionen durch Eisenbahnverkehrslärm im „Grundmodell“

Aufwachreaktionen	Nicht belästigt		Hoch belästigt		OR	95%KI
	n	%	n	%		
0-<1	3845	82,3	127	70,9	1	Referenz
≥ 1-<2	639	13,7	32	17,9	1,55	1,04-2,30
≥ 2-<3	125	2,7	13	7,3	3,25	1,78-5,93
≥ 3	23	0,5	6	3,4	7,98	3,17-10,13
Missings	40	0,9	1	0,6		

Grundmodell adjustiert für: Alter (5-Jahres-Kategorien), Geschlecht und sozioökonomischen Status (3 Kategorien)

Tabelle 104: Belästigung in Abhängigkeit von Aufwachreaktionen durch Fluglärm (deskriptive Darstellung)

Aufwachreaktionen	Nicht belästigt		Hoch belästigt	
	n	%	n	%
0-<1	4646	99,1	174	95,6
≥ 1-<2	9	0,2	7	3,8
Missings	35	0,7	1	0,5

4.3.14 Ergebnisse zum Zusammenhang zwischen Verkehrslärm und starker Schlafgestörtheit bei der Follow-up-Befragung

4.3.14.1 Beschreibung der Stichprobe

Etwa 2,7% der Teilnehmenden waren durch Straßenverkehrslärm hochgradig schlafgestört. Der Anteil an Frauen lag sowohl bei den nicht Schlafgestörten als auch bei den durch Straßenverkehrslärm hochgradig Schlafgestörten etwas höher (nicht schlafgestört: 52,4% versus 47,6% und hochgradig schlafgestört: 61,6% versus 38,4%). Personen im Alter zwischen 50 und 54 Jahren gaben vergleichsweise häufiger an, hochgradig schlafgestört durch Straßenverkehrslärm zu sein (nicht schlafgestört: 13,6%; hochgradig schlafgestört: 18,1%). Anteilig mehr Personen, die durch Straßenverkehrslärm hochgradig schlafgestört waren, hatten einen niedrigeren Sozialstatus (21,0% versus 15,3%) und einen BMI von 30+ (27,5% versus 22,6%).

Des Weiteren waren stark durch Straßenverkehrslärm Schlafgestörte häufiger aktive und passive Raucher als nicht Schlafgestörte, und sie hatten häufiger mindestens ein traumatisches Kindheitsereignis erlebt (81,2% versus 76,9%). Es fand sich kein Unterschied im Vorliegen eines riskanten Alkoholkonsums in Bezug auf Schlafstörungen durch Straßenverkehrslärm.

Über zwei Drittel der hochgradig schlafgestörten Personen waren hoch durch Straßenverkehrslärm belästigt, während es nur 6,5% bei den nicht Schlafgestörten waren. Weiterhin verfügte ein geringerer Anteil an hochgradig schlafgestörten Teilnehmenden über Lärmschutz im Wohngebäude (18,8% versus 21,6%), und ein höherer Anteil zog zwischen der Baseline-Befragung und dem Follow-up um (23,9% versus 16,4%). Stark durch Straßenverkehrslärm Schlafgestörte waren etwas höher mit Stickstoffdioxid belastet als nicht Schlafgestörte (22,81 µg/m³ (SD ± 4,64) versus 20,89 µg/m³ (SD ± 3,69)). Die Belastung mit PM₁₀ war ähnlich (siehe Tabelle 105).

Tabelle 105: Hochgradig schlafgestört durch Straßenverkehrslärm: Charakterisierung der Stichprobe

		Nicht schlafgestört		Hochgradig schlafgestört	
		n	%	n	%
Insgesamt		5002	100	138	100
Geschlecht					
	Männer	2379	47,6	53	38,4
	Frauen	2623	52,4	85	61,6
Alter (Jahre) bei Baseline					
	18-24	0	0	0	0
	25-29	35	0,7	0	0
	30-34	65	1,3	1	0,7
	35-39	65	1,3	3	2,2
	40-44	76	1,5	4	2,9
	45-49	445	8,9	13	9,4
	50-54	678	13,6	25	18,1
	55-59	611	12,2	18	13,0
	60-64	540	10,8	14	10,1
	65-69	697	13,9	13	9,4
	70-74	647	12,9	21	15,2
	75-80	720	14,2	18	13,0
	80+	423	8,5	8	5,8
Sozioökonomischer Status bei Baseline					
	Niedrig	763	15,3	29	21,0
	Mittel	3053	61,0	86	62,3
	Hoch	1179	23,6	23	16,7
	<i>Fehlende Angabe</i>	7	0,1	0	0
BMI bei Baseline					
	unter 24,9	1808	36,1	41	29,7
	25-29,9	2052	41,0	59	42,8
	30+	1132	22,6	38	27,5
	<i>Fehlende Angabe</i>	10	0,2	0	0
Körperliche Aktivität bei Baseline					
	Niedrig	500	10,0	16	11,6
	Mittel	1244	24,9	32	23,2
	Hoch	2590	51,8	70	50,7
	<i>Fehlende Angabe</i>	668	13,4	20	14,5
Alkoholkonsum bei Baseline					
	Kein Konsum und kein Risikokonsum	3516	70,3	95	68,8
	Risikokonsum	1486	29,7	43	31,2
Rauchverhalten bei Baseline					
	Nierauchende	2562	51,2	65	47,1
	Aktiv, ≤ 20 PJ ¹	511	10,2	20	14,5
	Aktiv, > 20-40 PJ ¹	228	4,6	10	7,2
	Aktiv, > 40 PJ ¹	106	2,1	6	4,3

		Nicht schlafgestört		Hochgradig schlafgestört	
	Ex-Rauchende	1592	31,8	37	26,8
	<i>Fehlende Angaben</i>	3	0,1	0	0
Passivrauch-Exposition bei Baseline					
	Bis zu 7 Stunden/Woche	4224	84,4	108	78,3
	Über 7 Stunden/Woche	249	5,0	13	9,4
	<i>Fehlende Angaben</i>	529	10,6	17	12,3
Traumatische Kindheitsereignisse					
	Niemals	1064	21,3	22	15,9
	Jemals	3848	76,9	112	81,2
	<i>Fehlende Angaben</i>	90	1,8	4	2,9
Hoch belästigt durch Straßenverkehrslärm beim Follow-up					
	Nein	4625	92,5	28	20,3
	Ja	326	6,5	105	76,1
	<i>Fehlende Angaben</i>	51	1,0	5	3,6
Lärmschutzmaßnahmen beim Follow-up					
	Nein	3528	70,5	108	78,3
	Ja	1081	21,6	26	18,8
	<i>Fehlende Angaben</i>	393	7,9	4	2,9
Umzug zwischen Baseline und Follow-up					
	Nein	4158	83,1	105	76,1
	Ja	819	16,4	33	23,9
	<i>Fehlende Angaben</i>	25	0,5	0	0
Luftschadstoffe ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)					
PM10	Mittelwert		22,09		22,84
	SD		1,75		1,93
	Wertebereich		17,93-30,6		18,56-30,32
NO₂	Mittelwert		20,89		22,81
	SD		3,69		4,64
	Wertebereich		13,91-59,94		14,75-41,86

Etwa 1,4% der Teilnehmenden berichteten starke Schlafgestörtheit aufgrund von Schienenverkehrslärm. Auch hier waren anteilig mehr Frauen sowohl bei den nicht Schlafgestörten als auch bei den hochgradig Schlafgestörten vertreten als Männer (nicht schlafgestört: 52,3% versus 47,7% und hochgradig schlafgestört: 62,0% versus 38,0%). Personen im Alter zwischen 65 und 69 Jahren gaben vergleichsweise häufiger an, hochgradig schlafgestört durch Straßenverkehrslärm zu sein (21,1% versus 13,7%). Weiterhin waren mehr hochgradig Schlafgestörte durch einen niedrigen sozioökonomischen Status charakterisiert als nicht Schlafgestörte (21,1% versus 15,3%). Es zeigten sich Unterschiede im BMI zwischen den beiden Gruppen (nicht versus hochgradig schlafgestört: BMI unter 24,9: 36,2% versus 28,2%; BMI 25-29,9: 41,0% versus 46,5% und BMI 30+: 22,6 versus 25,4%). Es fanden sich keine Unterschiede in der körperlichen Aktivität und im Alkoholkonsum. Allerdings waren hochgradig Schlafgestörte häufiger aktive Rauchende von ≥ 20 -40 Packungsjahren (11,3% versus 4,5%), und sie hatten häufiger mindestens ein traumatisches Kindheitsereignis erfahren (87,3% versus 76,7%). Weiterhin fühlten sich über zwei Drittel der hochgradig Schlafgestörten durch Schienenverkehrslärm belästigt; bei den nicht Schlafgestörten waren es lediglich 2,5%. Das Vorhandensein von Lärmschutzmaßnahmen war tendenziell etwas geringer bei den hochgradig Schlafgestörten als bei den nicht

Schlafgestörten (19,7% versus 21,4%). Unterschiede zeigten sich im Umzugsverhalten: 26,8% der beim Follow-up stark durch Schienenverkehrslärm Schlafgestörten waren nach der Baseline-Erhebung umgezogen. Bei den nicht Schlafgestörten waren es lediglich 16,3%. Stark durch Schienenverkehrslärm Schlafgestörte waren tendenziell einer höheren Luftschadstoffbelastung ausgesetzt (NO_s: 22,89 µg/m³ (SD ± 5,03) versus 20,89 µg/m³ (SD ± 3,69); PM₁₀: 23,03 µg/m³ (SD ± 2,27) versus 22,09 µg/m³ (SD ± 1,75)). Die Ergebnisse sind in Tabelle 106 dargestellt.

Tabelle 106: Hochgradig schlafgestört durch Schienenverkehrslärm: Charakterisierung der Stichprobe

	Nicht schlafgestört		Hochgradig schlafgestört	
	n	%	n	%
Insgesamt	4908	100	71	100
Geschlecht				
Männer	2343	47,7	27	38,0
Frauen	2565	52,3	44	62,0
Alter (Jahre) bei Baseline				
18-24	0	0	0	0
25-29	33	0,7	1	1,4
30-34	66	1,3	1	1,4
35-39	67	1,4	0	0
40-44	76	1,5	3	4,2
45-49	441	9,0	6	8,5
50-54	685	14,0	8	11,3
55-59	609	12,4	8	11,3
60-64	530	10,8	10	14,1
65-69	673	13,7	15	21,1
70-74	632	12,9	8	11,3
75-80	695	14,2	7	9,9
80+	401	8,2	4	5,6
Sozioökonomischer Status bei Baseline				
Niedrig	753	15,3	15	21,1
Mittel	2980	60,7	45	63,4
Hoch	1168	23,8	11	15,5
Fehlende Angabe	7	0,1	0	0
BMI bei Baseline				
unter 24,9	1779	36,2	20	28,2
25-29,9	2010	41,0	33	46,5
30+	1109	22,6	18	25,4
Fehlende Angabe	10	0,2	0	0
Körperliche Aktivität bei Baseline				
Niedrig	495	10,1	7	9,9
Mittel	1231	25,1	17	23,9
Hoch	2540	51,8	38	53,5
Fehlende Angabe	642	13,1	9	12,7
Alkoholkonsum bei Baseline				
Kein Konsum und kein Risikokonsum	3460	70,5	49	69,0
Risikokonsum	1448	29,5	22	31,0

		Nicht schlafgestört	Hochgradig schlafgestört
Rauchverhalten bei Baseline			
Nierrauchende	2532	51,6	34
Aktiv, ≤ 20 PJ ¹	505	10,3	7
Aktiv, > 20-40 PJ ¹	223	4,5	8
Aktiv, > 40 PJ ¹	110	2,2	1
Ex-Rauchende	1535	31,3	21
<i>Fehlende Angaben</i>	3	0,1	0
Passivrauch-Exposition bei Baseline			
Bis zu 7 Stunden/Woche	4154	84,6	57
Über 7 Stunden/Woche	256	5,2	3
<i>Fehlende Angaben</i>	498	10,1	11
Traumatische Kindheitsereignisse			
Niemals	1059	21,6	8
Jemals	3762	76,7	62
<i>Fehlende Angaben</i>	87	1,8	1
Hoch belästigt wegen Schienenverkehrslärm beim Follow-up			
Nein	4565	93,0	15
Ja	122	2,5	55
<i>Fehlende Angaben</i>	221	4,5	1
Lärmschutzmaßnahmen beim Follow-up			
Nein	3496	71,2	52
Ja	1051	21,4	14
<i>Fehlende Angaben</i>	361	7,4	5
Umzug beim Follow-up			
Nein	4084	83,2	52
Ja	802	16,3	19
<i>Fehlende Angaben</i>	22	0,4	0
Luftschadstoffe (µg/m³)			
PM10	Mittelwert	22,09	23,03
	SD	1,75	2,27
	Wertebereich	17,93-30,6	18,83-30,32
NO₂	Mittelwert	20,89	22,89
	SD	3,69	5,03
	Wertebereich	13,91-59,94	15,93-40,76

Etwa 2% der Teilnehmenden waren aufgrund von Fluglärm hochgradig schlafgestört. Anteilig waren etwas mehr Männer als Frauen durch Fluglärm hochgradig schlafgestört (55,4% vs. 44,6%). Personen im Alter zwischen 50 und 59 Jahren gaben vergleichsweise häufiger an, hochgradig schlafgestört durch Fluglärm zu sein (50-54 Jahre: 20,8% versus 13,7%; 55-59 Jahre: 18,8% versus 12,2%). Es zeigten sich keine größeren Unterschiede im Sozialstaus in Bezug auf die Schlafgestörtheit. Personen mit starker Schlafgestörtheit waren durch eine geringere körperliche Aktivität gekennzeichnet im Vergleich zu Personen ohne Schlafgestörtheit (14,5% versus 9,9%). Auch zeigten sich Unterschiede im BMI (nicht versus hochgradig schlafgestört; unter 24,9: 36,2% versus 29,7%; 25-29,9: 50,5% versus 40,8% und 30+: 22,8 versus 19,8%). Weiterhin zeigten sich auch Unterschiede im Alkoholkonsum: Mehr Perso-

nen mit starker Schlafgestörtheit waren durch einen Risikokonsum charakterisiert als nicht Schlafgestörte (37,6% versus 29,4%). Im Rauchverhalten zeigten sich keine nennenswerten Unterschiede zwischen den beiden Gruppen. Der Anteil an Personen mit jemals erlebten traumatischen Kindheitsereignissen war bei den stark durch Fluglärm Schlafgestörten geringfügig höher (80,2% versus 76,9%). Fast 90% aller hochgradig Schlafgestörten fühlten sich durch Fluglärm hoch belästigt. Der Anteil an Personen mit realisierten Lärmschutzmaßnahmen war bei den hochgradig Schlafgestörten mit 16,8% geringer als bei den nicht Schlafgestörten (21,5%). Weiterhin waren auch anteilig weniger Personen, die hochgradig schlafgestört durch Fluglärm beim Follow-up waren, nach der Baseline-Erhebung umgezogen (10,9% versus 16,6%). Es zeigten sich keine großen Unterschiede in der Luftschadstoffbelastung durch Stickstoffdioxid und PM10. Die Ergebnisse sind in Tabelle 107 dargestellt.

Tabelle 107: Hochgradig schlafgestört durch Fluglärm: Charakterisierung der Stichprobe

	Nicht-schlafgestört		Stark -schlafgestört	
	n	%	n	%
Insgesamt	4931	100	101	100
Geschlecht				
Männer	2348	47,6	56	55,4
Frauen	2583	52,6	45	44,6
Alter (Jahre) bei Baseline				
18-24	0	0	0	0
25-29	34	0,7	0	0
30-34	66	1,3	1	1,0
35-39	67	1,4	1	1,0
40-44	79	1,6	1	1,0
45-49	448	9,1	6	5,9
50-54	676	13,7	21	20,8
55-59	606	12,3	19	18,8
60-64	536	10,9	10	9,9
65-69	682	13,8	12	11,9
70-74	635	12,9	11	10,9
75-80	703	14,3	11	10,9
80+	399	8,1	8	7,9
Sozioökonomischer Status bei Baseline				
Niedrig	753	15,3	15	14,9
Mittel	3002	60,9	64	63,4
Hoch	1169	23,7	22	21,8
<i>Fehlende Angabe</i>	7	0,1	0	0
BMI bei Baseline				
unter 24,9	1784	36,2	30	29,7
25-29,9	2014	40,8	51	50,5
30+	1122	22,8	20	19,8
<i>Fehlende Angabe</i>	11	0,2	0	0
Körperliche Aktivität bei Baseline				
Niedrig	489	9,9	15	14,9
Mittel	1235	25,0	24	23,8
Hoch	2563	52	48	47,5

		Nicht-schlafgestört	Stark -schlafgestört		
<i>Fehlende Angabe</i>		644	13,1	14	13,9
Alkoholkonsum bei Baseline					
	Kein Konsum und kein Risikokonsum	3480	70,6	63	62,4
	Risikokonsum	1451	29,4	38	37,6
Rauchverhalten bei Baseline					
	Nierauchende	2532	51,3	53	52,5
	Aktiv, ≤ 20 PJ ¹	510	10,3	12	11,9
	Aktiv, > 20-40 PJ ¹	225	4,6	6	5,9
	Aktiv, > 40 PJ ¹	110	2,2	1	1,0
	Ex-Rauchende	1551	31,5	29	28,7
	<i>Fehlende Angaben</i>	3	0,1	0	0
Passivrauch-Exposition bei Baseline					
	Bis zu 7 Stunden/Woche	4164	84,4	89	88,1
	Über 7 Stunden/Woche	256	5,2	3	3,0
	<i>Fehlende Angaben</i>	511	10,4	9	8,9
Traumatische Kindheitsereignisse					
	Niemals	1053	21,4	18	17,8
	Jemals	3792	76,9	81	80,2
	<i>Fehlende Angaben</i>	86	1,7	2	2,0
Hochbelästigt wegen Fluglärm beim Follow-up					
	Nein	4622	93,7	11	10,9
	Ja	92	1,9	90	89,1
	<i>Fehlende Angaben</i>	217	4,4	0	0
Lärmschutzmaßnahmen beim Follow-up					
	Nein	3506	71,1	78	77,2
	Ja	1059	21,5	17	16,8
	<i>Fehlende Angaben</i>	366	7,4	6	5,9
Umzug zwischen Baseline und Follow-up					
	Nein	4089	82,9	90	89,1
	Ja	820	16,6	11	10,9
	<i>Fehlende Angaben</i>	22	0,4	0	0
Luftschadstoffe (µg/m³)					
PM10	Mittelwert		22,17		21,02
	SD		1,77		1,46
	Wertebereich		17,93-30,6		19,23-27,9
NO₂	Mittelwert		20,94		19,66
	SD		3,73		3,76
	Wertebereich		13,91-59,94		16,1-41,86

4.3.14.2 Expositions-Risiko-Beziehung zwischen Verkehrslärm und darauf bezogener hochgradiger Schlafstörung (Grundmodell)

Mittels logistischer Regressionsanalyse ließ sich die Expositions-Risiko-Beziehung zwischen der jeweiligen Verkehrslärmquelle und dem Vorliegen einer hochgradigen Schlafstörung ableiten: Für eine hochgradige Schlafstörung durch Straßenverkehrslärm lagen die Risikoschätzer (OR) für den L_{DEN} bei 2,81 (95% KI 1,88-4,21) pro 10 dB und für den L_{Night} bei 2,86 (95% KI 1,92-4,28) pro 10 dB (Tabelle 108). Vergleichbar hohe Risiken fanden sich auch für den Schienenverkehrslärm (L_{DEN} : OR=2,68; 95% KI 1,92-4,28 pro 10 dB und für den L_{Night} : OR=2,67; 95% KI 2,03-3,50 pro 10 dB, Tabelle 108). Bei getrennter Betrachtung von Eisenbahn- und Straßenbahnverkehrslärm waren die Risikoschätzer für eine hochgradige Schlafstörung höher beim Straßenbahnverkehrslärm als beim Eisenbahnlärm (L_{DEN} Straßenbahn: OR=1,97; 95% KI 1,59-2,43 pro 10 dB und Eisenbahn: OR=1,41; 95% KI 1,09-1,83 pro 10 dB; L_{Night} Straßenbahn: OR=2,35; 95% KI 1,83-3,01 pro 10 dB und Eisenbahn: OR=1,61; 95% KI 1,18-2,21 pro 10 dB; $L_{max,22-06}$ Straßenbahn: OR=1,66; 95% KI 1,41-1,95 pro 10 dB und Eisenbahn: OR=1,34; 95% KI 1,094-1,652 pro 10 dB, Tabelle 109). Auch das Risiko für eine hochgradige Schlafgestörtheit nahm mit der Anzahl der eisenbahnlärmbedingten Aufwachreaktionen zu: Etwa 13,9% der nicht schlafgestörten Teilnehmenden und 15,5% der durch Schienenverkehrslärm hochgradig schlafgestörten Personen waren durch ≥ 1 bis < 2 Aufwachreaktionen charakterisiert. Zwei bis < 3 Aufwachreaktionen ergaben sich für 2,7% der nicht schlafgestörten und 7,0% der hochgradig schlafgestörten Teilnehmenden. Etwa 0,6% nicht Schlafgestörte und 2,8% hochgradig Schlafgestörte wiesen rechnerisch ≥ 3 Aufwachreaktionen auf. Die Odds Ratio (OR) als Schätzer für das Risiko einer hochgradigen Schlafgestörtheit stieg auf 1,25 (95% KI 0,65-2,41) bei ≥ 1 - < 2 Aufwachreaktionen, auf 2,96 (95% KI 1,16-7,56) bei ≥ 2 - < 3 Aufwachreaktionen und auf 5,59 (95% KI 1,29-24,31) bei 3 und mehr Aufwachreaktionen (Tabelle 110).

Der deutlichste Zusammenhang mit einer hochgradigen Schlafgestörtheit fand sich für die Fluglärmbelastung (L_{DEN} : OR=13,06; 95% KI 9,25-18,44 pro 10 dB, L_{Night} : OR=19,66; 95% KI 11,47-33,7 pro 10 dB; NAT-6: OR=7,48; 95% KI 1,10-1,66 pro 10 dB (Tabelle 108). Etwa 5% der hochgradig Schlafgestörten und 0,2% der Nicht-Schlafgestörten waren ≥ 1 - < 2 Aufwachreaktionen ausgesetzt (Tabelle 111).

Tabelle 108: Schlafgestörtheit (HSD): Odd Ratios (OR) der multivariablen logistischen Regressionsanalysen im „Grundmodell“w

	Straßenverkehrslärm				Schienenverkehrslärm				Fluglärm			
	Gesamt	HSD	OR	95%KI	Gesamt	HSD	OR	95%KI	Gesamt	HSD	OR	95%KI
L_{DEN}												
< 40 dB					576	3	1	Referenz				
<40dB, Max. <50dB									4421	34	1	Referenz
<40dB, Max. ≥50dB (NAT-6) ¹									102	3	3,82	1,15-12,7
≥40 – <45 dB					1075	3	0,53	0,11-2,66	347	31	12,5	7,56-20,7
≥45 – <50 dB					1232	13	2,00	0,57-7,04	93	20	35,3	19,4-64,4
< 50 dB	176	2	1	Referenz	1091	16	2,80	0,81-9,65				
≥50 – <55 dB	369	4	0,95	0,17-5,27					21	9	91,1	35,6-233,2
≥55 – <60 dB	1438	28	1,48	0,25-6,34	499	8	3,10	0,82-11,8	11	4	69,7	19,3-251,1
≥60 dB					471	27	11,4	3,42-37,9				
≥60 – <65 dB	1988	64	2,41	0,58-9,98								
≥65 – <70 dB	1048	35	4,24	1,02-17,6								
≥70 dB	85	4	4,03	0,72-22,6								
Kontinuierlich (Pro 10 dB)			2,813	1,879-4,212			2,684	1,919-4,275			13,059	9,248-18,440
L_{Night}												
< 40 dB	171	2	1	Referenz	2343	14	1	Referenz				
<40dB, Max. <50dB									4536	41	1	Referenz
<40dB, Max. ≥50dB (NAT-6) ¹									361	32	10,5	6,51-16,9
≥40 – <45 dB	407	4	0,83	0,15-4,60	1109	16	2,30	1,16-4,93	70	16	32,1	17,0-60,8
≥45 – <50 dB	1704	28	1,42	0,33-6,02	844	9	1,77	0,76-4,12	17	8	91,6	33,3-251,6
≥50 – <55 dB	2014	64	2,75	0,67-11,4	306	8	4,45	1,85-10,7	11	4	59,4	16,6-212,7
≥55 – <60 dB	737	35	4,11	0,98-17,3	245	14	9,66	4,54-20,6				
≥60 dB	71	4	4,68	0,83-26,3	97	9	17,3	7,25-41,5				
Kontinuierlich			2,864	1,919-4,275			2,668	2,034-3,498			19,663	11,470-33,71
NAT-6												
< 40 dB					989	10	1	Referenz				

	Straßenverkehrslärm				Schienenverkehrslärm				Fluglärm			
	Gesamt	HSD	OR	95%KI	Gesamt	HSD	OR	95%KI	Gesamt	HSD	OR	95%KI
≥40 – <45 dB					360	6	1,61	9,58-4,46	2775	24	1	Referenz
≥45 – <50 dB					765	9	1,15	0,47-2,85	1761	17	1,12	0,60-2,09
≥50 – <55 dB					1022	12	1,12	0,48-2,62	271	20	9,03	4,91-16,62
≥55 – <60 dB					737	8	1,04	0,41-2,66	133	23	23,53	12,83-43,13
≥60 dB					1068	25	2,27	1,08-4,77	55	17	49,35	24,42-99,73
Kontinuierlich							1,353	1,104-1,659			7,480	5,616-9,962

¹entspricht NAT-6

²Nur NAT-6 Eisenbahnverkehrslärm

Grundmodell adjustiert für: Alter (5-Jahres-Kategorien), Geschlecht und sozioökonomischen Status (3 Kategorien)

Tabelle 109: Schlafgestörtheit (HSD): Odd Ratios (OR) der multivariablen logistischen Regression im „Grundmodell“ für Schienenverkehrslärm (getrennt betrachtet)

	Eisenbahnverkehrslärm				Straßenbahnverkehrslärm				Schienenverkehrslärm			
	Gesamt	HSD	OR	95%KI	Gesamt	HSD	OR	95%KI	Gesamt	HSD	OR	95%KI
L_{DEN}												
< 40 dB	1959	25	1	Referenz	2287	21	1	Referenz	576	3	1	Referenz
≥40 – <45 dB	955	11	0,71	0,32-1,59	1180	10	0,93	0,44-1,98	1075	3	0,53	0,11-2,66
≥45 – <50 dB	804	11	1,03	0,48-2,22	602	8	1,47	0,65-3,35	1232	13	2,00	0,57-7,04
≥50 – <55 dB	731	7	1,85	0,72-4,74	414	7	1,85	0,78-4,40	1091	16	2,80	0,81-9,65
≥55 – <60 dB	318	8	3,93	1,37-11,3	166	5	3,47	1,29-9,35	499	8	3,10	0,82-11,8
≥60 dB	177	8	9,16	3,10-27,1	292	19	7,40	3,90-14,0	471	27	11,4	3,42-37,9
Kontinuierlich (Pro 10 dB)			1,411	1,087-1,832			1,965	1,592-2,425			13,059	9,248-18,440
L_{Night}												
< 40 dB	3274	42	1	Referenz	3937	37	1	Referenz	2343	14	1	Referenz
≥40 – <45 dB	745	7	0,87	0,42-1,77	452	9	2,14	1,02-4,46	1109	16	2,30	1,16-4,93
≥45 – <50 dB	595	8	1,03	0,50-2,12	233	4	1,89	0,67-5,36	844	9	1,77	0,76-4,12
≥50 – <55 dB	213	5	0,72	0,31-1,68	93	4	4,65	1,62-13,4	306	8	4,45	1,85-10,7
≥55 – <60 dB	77	4	1,99	0,88-4,47	174	11	6,94	3,46-13,9	245	14	9,66	4,54-20,6
≥60 dB	40	4	3,60	1,60-8,13	52	5	11,5	4,25-31,0	97	9	17,3	7,25-41,5
Kontinuierlich (Pro 10 dB)			1,613	1,176-2,213			2,349	1,832-3,013			19,663	11,470-33,71
L_{max.22-06}												
< 40 dB	655	7	1	Referenz	2182	16	1	Referenz	287	3	1	Referenz
≥40 – <45 dB	170	3	1,54	0,39-6,05	622	9	2,01	0,88-4,57	148	1	0,64	0,07-6,22
≥45 – <50 dB	459	3	0,58	0,15-2,26	622	6	1,33	0,52-3,42	350	1	0,27	0,03-2,62
≥50 – <55 dB	1067	14	1,17	0,47-2,92	500	6	1,63	0,64-4,20	971	4	0,38	0,09-1,72
≥55 – <60 dB	1049	10	0,82	0,31-2,18	381	7	2,54	1,04-6,24	1148	11	0,87	0,24-3,16
≥60 – <65 dB	657	10	1,34	0,51-3,57	252	5	2,78	1,01-7,67	820	12	1,36	0,38-4,87
≥65 – <70 dB	421	8	1,69	0,61-4,7	115	4	5,06	1,66-15,44	513	11	2,02	0,56-7,32

	Eisenbahnverkehrslärm				Straßenbahnverkehrslärm				Schienenverkehrslärm			
	Gesamt	HSD	OR	95%KI	Gesamt	HSD	OR	95%KI	Gesamt	HSD	OR	95%KI
≥70 dB	466	15	2,88	1,16-7,14	270	17	8,83	4,37-17,82	707	27	3,56	1,07-11,85
Kontinuierlich (Pro 10 dB)			1,344	1,094- 1,652			1,656	1,411-1,945			1,898	1,526-2,360

Grundmodell adjustiert für: Alter (5-Jahres-Kategorien), Geschlecht und sozioökonomischen Status (3 Kategorien)

Tabelle 110: Schlafgestörtheit in Abhängigkeit von Aufwachreaktionen durch Eisenbahnverkehrslärm im „Grundmodell“

Aufwachreaktionen	Nicht schlafgestört		Hochgradig schlafgestört		OR	95%KI
	n	%	n	%		
0-<1	4024	82,0	52	73,2	1	Referenz
≥ 1-<2	683	13,9	11	15,5	1,25	0,65-2,41
≥ 2-<3	134	2,7	5	7,0	2,96	1,16-7,56
≥ 3	27	0,6	2	2,8	5,59	1,29-24,31
Missings	40	0,8	1	1,4		

Grundmodell adjustiert für: Alter (5-Jahres-Kategorien), Geschlecht und sozioökonomischen Status (3 Kategorien)

Tabelle 111: Schlafgestörtheit in Abhängigkeit von Aufwachreaktionen durch Fluglärm (deskriptive Statistik)

Aufwachreaktionen	Nicht schlafgestört		Hochgradig schlafgestört	
	n	%	n	%
0-<1	4883	99,0	96	95,0
≥ 1-<2	11	0,2	5	5,0
Missings	37	0,8	0	

4.3.15 Quadratische Funktionen zum Anteil der hoch Belästigten und hochgradig Schlafgestörten durch Verkehrslärm

In Abbildung 31 und Abbildung 32 sind die Anteile der hoch Belästigten durch Straßenverkehrslärm (A), Fluglärm (B) und Schienenverkehrslärm (C) auf der Grundlage ermittelter quadratischer Funktionen dargestellt.

Die errechneten quadratischen Formeln (mit Gültigkeitsbereichen) lauten wie folgt (siehe auch Anhang A.3):

- ▶ Straßenverkehrslärm: $\%HA = 116,4304 - 4,7342 \times L_{DEN} + 0,0497 \times L_{DEN}^2$
- ▶ Schienenverkehrslärm: $\%HA = 38,1596 + 2,05538 \times L_{DEN} + 0,0285 \times L_{DEN}^2$
- ▶ Fluglärm: $\%HA = -50,9693 + 1,0168 \times L_{DEN} + 0,0072 \times L_{DEN}^2$

In Tabelle 112 werden beispielhaft für 45, 55, 65 und 75 dB L_{DEN} einer jeweiligen Verkehrslärmexposition die errechneten Anteile hoch belästigter Personen dargestellt (Spalte „LIFE“; beim Fluglärm lediglich für 45 und 55 dB L_{DEN}). Zum Vergleich sind ebenfalls die entsprechenden Wirkungskurven aus dem WHO-Review zu Belästigung durch Verkehrslärm (Guski et al. 2017) dargestellt (Spalte „WHO“).

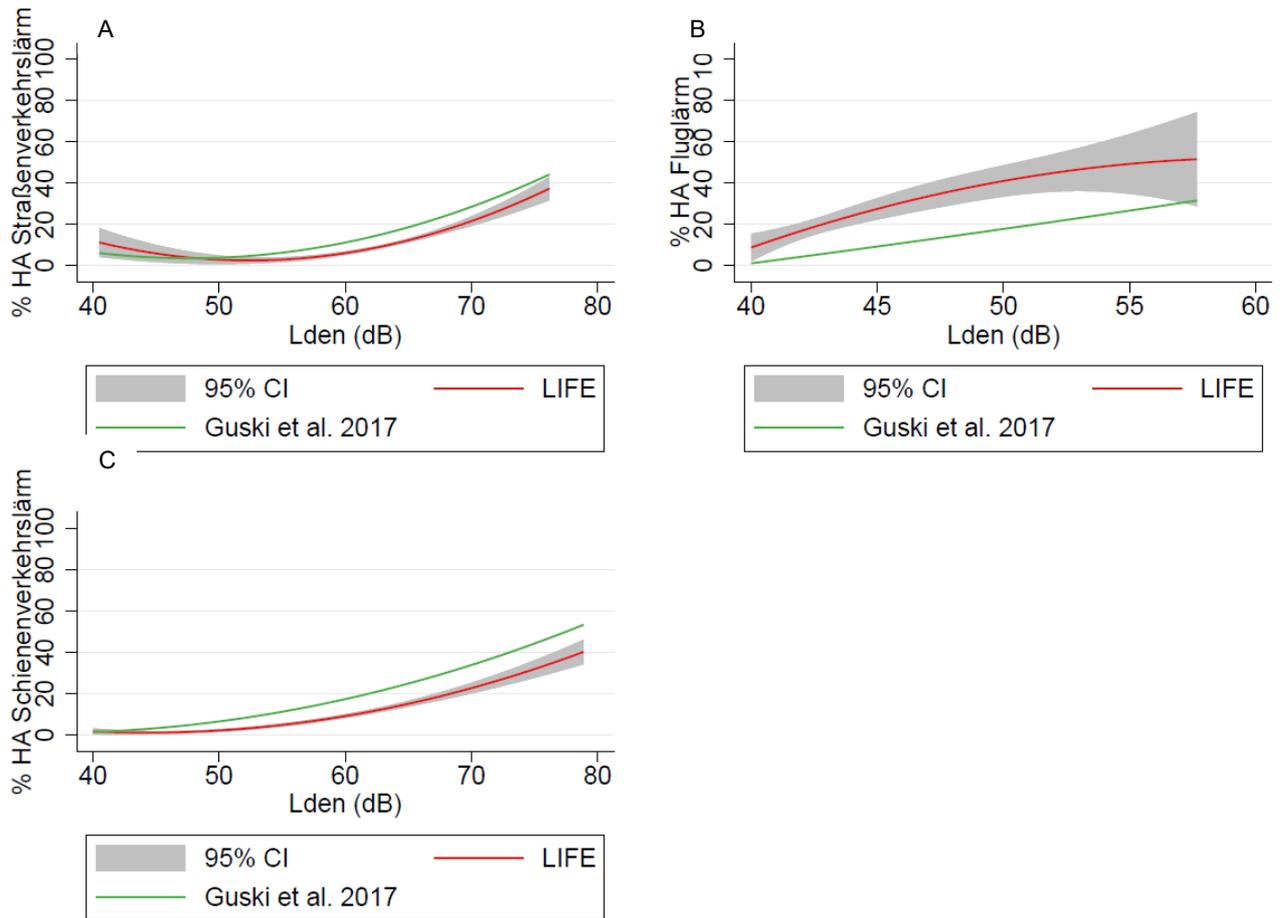
Tabelle 112: Vergleich des Anteil an Hochbelästigten zwischen WHO und LIFE anhand eines Beispiels

	Straße		Schiene		Flug	
	WHO	LIFE	WHO	LIFE	WHO	LIFE
45 dB L_{DEN}	4%	5%	3%	2%	9%	28%
55 dB L_{DEN}	6%	2%	11%	6%	27%	51%
65 dB L_{DEN}	19%	11%	25%	16%	46%	
75 dB L_{DEN}	41%	31%	44%	34%	66%	

Der Anteil der hoch Belästigten errechnet sich in der LIFE-Studie demgemäß als 31% bei einem L_{DEN} von 75 dB Straßenverkehrslärm und 34% bei einem L_{DEN} von 75 dB Schienenverkehrslärm. Für Fluglärm ergibt sich bereits bei einem L_{DEN} von 55 dB ein Anteil von 51% hoch belästigter Personen. Im Vergleich mit den publizierten Kurven aus dem WHO-Review zu Belästigung durch Verkehrslärm (Guski et al. 2017) liegen die Wirkungskurven der LIFE-Studie für Straßen- und Schienenverkehrslärm unter denen des WHO-Reviews, für den Fluglärm deutlich darüber.

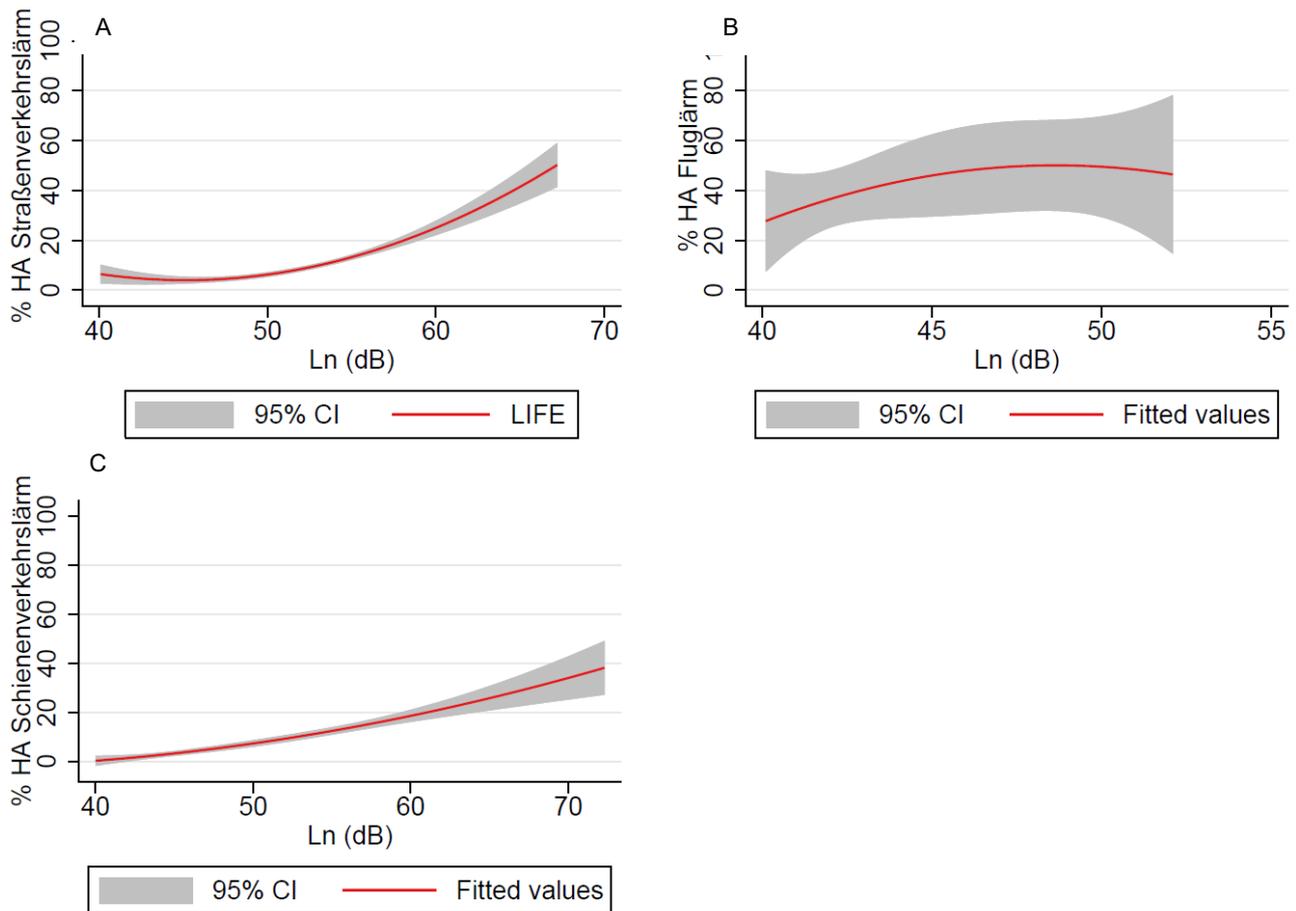
Auf mögliche Gründe für unterschiedliche Wirkungskurven der LIFE-Studie und des WHO-Reviews wird im Anschluss an die Darstellung der Ergebnisse für hochgradige Schlafgestörtheit eingegangen.

Abbildung 31: Verlaufskurve für den Anteil hoch Belästigter (%HA) bei gegebenen L_{DEN} Straßenverkehrslärm (A), Fluglärm (B) und Schienenverkehrslärm (C)



Quelle: eigene Darstellung, Institut für Arbeits- und Sozialmedizin, TU Dresden

Abbildung 32: Verlaufskurve für den Anteil hoch Belastigter (%HA) bei gegebenem L_{Night} Straßenverkehrslärm (A), Fluglärm (B) und Schienenverkehrslärm (C)



Quelle: eigene Darstellung, Institut für Arbeits- und Sozialmedizin, TU Dresden

In Abbildung 33 und Abbildung 34 sind die Anteile der hochgradig Schlafgestörten durch Straßenverkehrslärm (A), Fluglärm (B) und Schienenverkehrslärm (C) auf der Grundlage ermittelter quadratischer Funktionen dargestellt. Die errechneten quadratischen Formeln (mit Gültigkeitsbereichen) lauten wie folgt (siehe auch Anlage A.3).

- ▶ Straßenverkehrslärm: $\%HSD = 19,4312 - 0,9336 \times L_{\text{Night}} + 0,0126 \times (L_{\text{Night}})^2$
- ▶ Schienenverkehrslärm: $\%HA = 67,5406 - 3,1852 \times L_{\text{Night}} + 0,0391 \times (L_{\text{Night}})^2$
- ▶ Fluglärm: $\%HA = -16,7885 - 0,9293 \times L_{\text{Night}} + 0,0126 \times (L_{\text{Night}})^2$

Im Folgenden (Tabelle 113) werden beispielhaft für 45, 55 und 65 dB L_{Night} einer jeweiligen Verkehrslärmexposition die errechneten Anteile hochgradig schlafgestörter Personen dargestellt (Spalte „LIFE“; beim Fluglärm lediglich für 45 und 55 dB L_{Night}). Zum Vergleich sind ebenfalls die entsprechenden Wirkungskurven aus dem WHO-Review zu Schlafstörungen durch Verkehrslärm (Basner und McGuire 2018) dargestellt (Spalte „WHO“).

Tabelle 113: Vergleich des Anteil an hochgradig Schlafgestörten zwischen WHO und LIFE anhand eines Beispiels

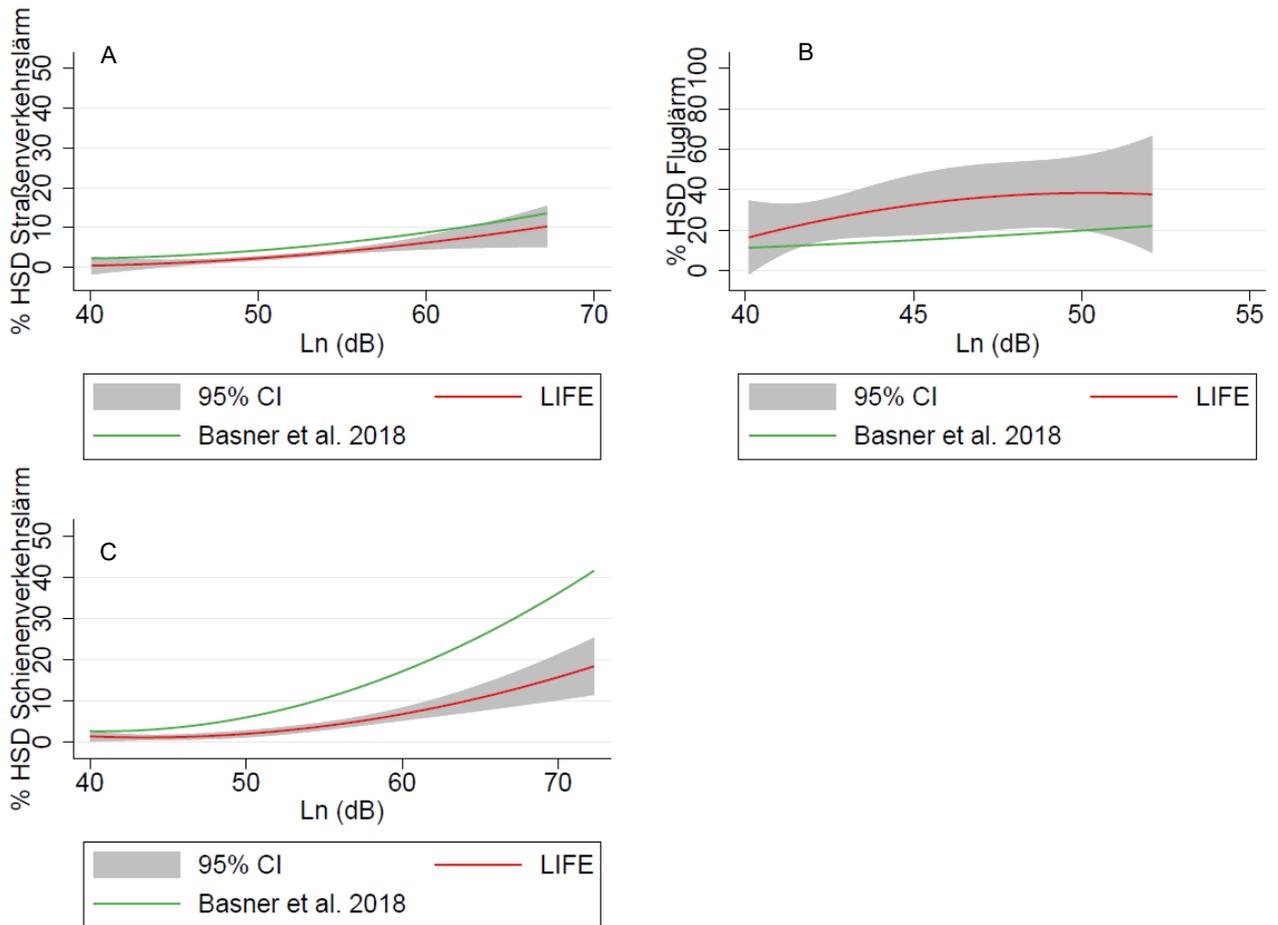
	Straße		Schiene		Flug	
	WHO	LIFE	WHO	LIFE	WHO	LIFE
45 dB L_{DEN}	3%	1%	3%	1%	15%	30%
55 dB L_{DEN}	6%	3%	11%	4%	26%	42%
65 dB L_{DEN}	12%	8%	26%	11%	40%	

Bei 65 dB L_{Night} Straßenverkehrslärm errechnet sich ein Anteil von 8% hochgradig Schlafgestörter, bei 65 dB Schienenverkehrslärm ein Anteil von 11% hochgradig Schlafgestörter. Für 55 dB L_{Night} Fluglärm errechnet sich ein Anteil von 42% hochgradig Schlafgestörter.

Für den Straßenverkehrslärm ist die erstellte Verlaufskurve mit der Verlaufskurve des WHO-Reviews von Basner und McGuire (2018) vergleichbar. Beim Schienenverkehrslärm ist der Anteil der hochgradig Schlafgestörten gemäß LIFE-Studie deutlich geringer als gemäß WHO-Review. Beim Fluglärm liegt der errechnete Anteil der hochgradig Schlafgestörten deutlich höher als gemäß WHO-Review.

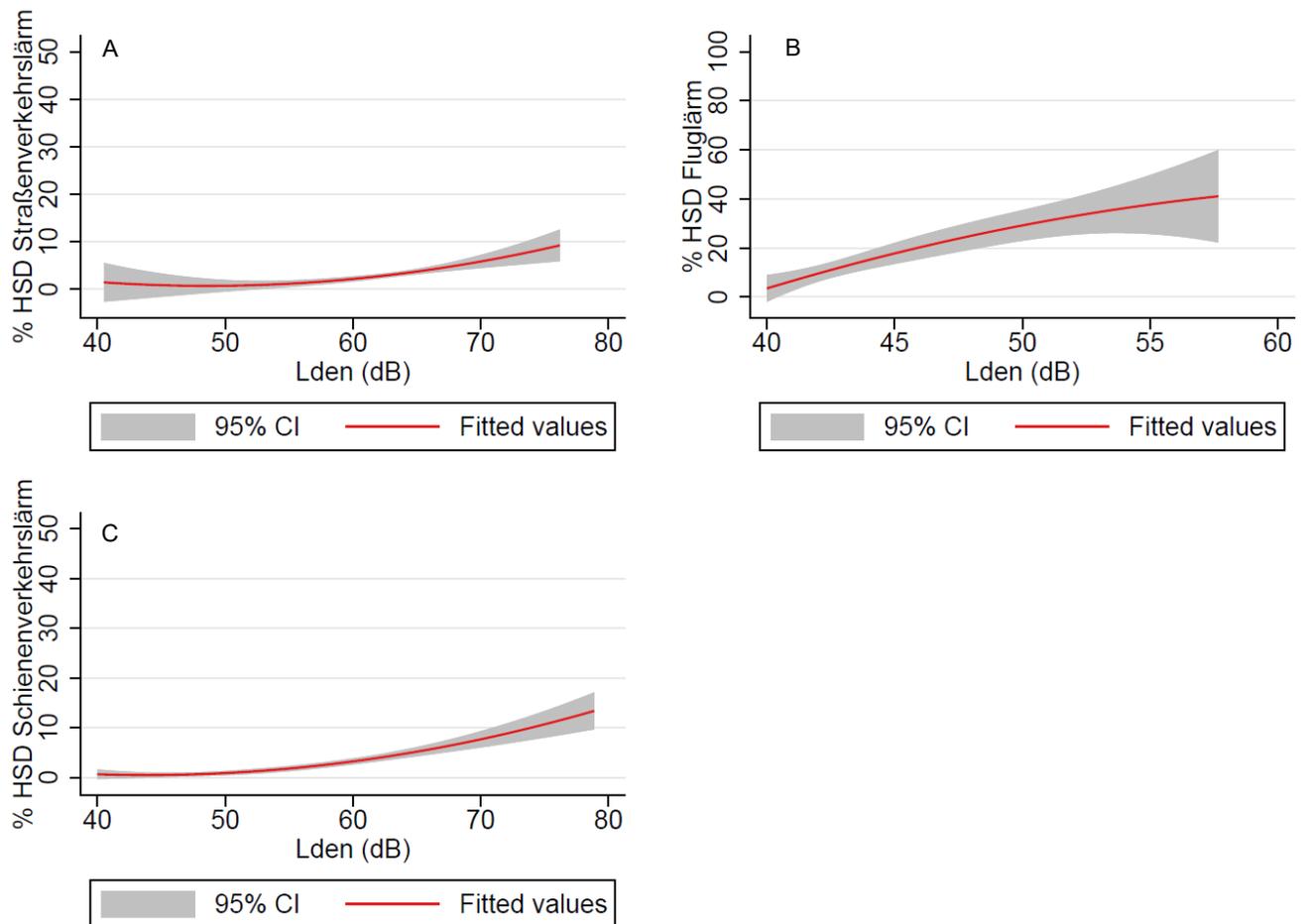
Einschränkend ist auf Unsicherheiten in den dargestellten Ergebnissen zur hohen Belästigung wie zur starken Schlafgestörtheit und auf eine teilweise eingeschränkte Vergleichbarkeit mit den WHO-Wirkungskurven hinzuweisen. Eine Verzerrung der Ergebnisse durch einen Selektionsbias (als mögliche Folge eines hohen Loss to Follow-up) kann nicht ausgeschlossen werden. Weiterhin ist zu berücksichtigen, dass die Straßenverkehrslärmexposition in der LIFE-Studie bereits für Lärmpegel ab 40 dB bestimmt wurde, während die offiziellen Lärmkartierungen Pegel erst ab 55 dB ausweisen. Damit konnte in der vorgelegten Auswertung bereits in einem niedrigen Bereich des Straßenverkehrslärmpegels der Anteil der belästigten bzw. schlafgestörten Bevölkerung datengestützt bestimmt werden. Andererseits liegen insbesondere für höhere Pegelwerte in der LIFE-Studie nur vergleichsweise geringe Proband*innenzahlen vor; dies führt zu Unsicherheiten der ermittelten Wirkungskurven, die für hohe Pegelwerte letztlich Extrapolationen darstellen. Beim Vergleich der hier abgeleiteten Wirkungskurven mit den entsprechenden WHO-Kurven ist zudem darauf hinzuweisen, dass insbesondere der höhere Anteil von Personen, die durch Fluglärm stark belästigt oder hochgradig schlafgestört sind, im Zeitverlauf zugenommen haben könnte. In den WHO-Review wurden auch deutlich ältere Studien mit eingenommen, die den Anteil der derzeit bei gegebenem Lärmpegel stark belästigten oder hochgradig schlafgestörten Personen unterschätzen könnten.

Abbildung 33: Verlaufskurve für den Anteil hochgradig Schlafgestörter (%HSD) bei gegebenem L_N Straßenverkehrslärm (A), Fluglärm (B) und Schienenverkehrslärm (C)



Quelle: eigene Darstellung, Institut für Arbeits- und Sozialmedizin, TU Dresden

Abbildung 34: Verlaufskurve für den Anteil hochgradig Schlafgestörter (% HSD) bei gegebenem L_{DEN} Straßenverkehrslärm (A), Fluglärm (B) und Schienenverkehrslärm (C)



Quelle: eigene Darstellung, Institut für Arbeits- und Sozialmedizin, TU Dresden

4.3.16 Umzugsverhalten

In der ursprünglichen Auswertung der NORAH-Studie zu Krankheitsrisiken im Fallkontroll-Ansatz hatte sich eine umgekehrt U-förmige Verlaufskurve für das fluglärmbezogene Depressionsrisiko gezeigt (Seidler et al. 2017). Um einem möglichen „Health-Resident“-Effekt nachzugehen – demzufolge hoch verkehrslärmexponierte Personen mit einer beginnenden psychischen Beeinträchtigung häufiger in weniger lärmbelastete Gebiete umziehen könnten –, wurde im Rahmen der LIFE-Studie das Umzugsverhalten analysiert. 15,1% der Befragten gaben an, zwischen der ersten und zweiten Befragung umgezogen zu sein. Auf der Grundlage der Verkehrslärmdaten ließ sich bei 331 Personen der selbstberichtete Umzug nicht nachvollziehen. Für die nachfolgenden Analysen wurden daher nur Personen einbezogen, bei denen die selbstberichtete Umzugsangabe auf der Grundlage der lärm-basierten Daten nachvollzogen werden konnte. Insgesamt standen somit Daten von 4697 Personen mit erfolgtem Umzug zwischen Baseline-Erhebung und Follow-up-Erhebung für die nachfolgenden Umzugsanalysen zur Verfügung.

4.3.16.1 Zusammenhang zwischen Depression und dem Umzugsverhalten

Insgesamt sind etwa 14,2% der Personen mit und 11,7% der Personen ohne Depression bei Baseline-Erhebung zwischen der ersten und zweiten Befragung umgezogen (Tabelle 114). Personen mit depressiven Symptomen bei der Ersterhebung zogen tendenziell häufiger um. Ungefähr ein Drittel der umgezogenen Personen mit (36,7%) und ohne depressive Symptomatik (32,1%) sind in eine ruhigere Lage (i.e. Reduktion um 3 dB) gezogen. Keine Änderungen in der kombinierten Lärmbelastung (d.h. <math><3\text{dB}</math> - <math><3\text{dB}</math>) fanden sich bei 46,0% ohne und bei 30,0% der Teilnehmenden mit Depression. Ein Umzug in lautere Gebiete ($\geq 3\text{dB}$) fand bei 21,9% von Personen ohne und 30,0% mit Depression statt (Tabelle 114).

Es gab geringfügige Unterschiede hinsichtlich der durchschnittlichen Verkehrslärmbelastung vor und nach dem Umzug (Tabelle 114): Durchschnittlich war die Verkehrslärmbelastung bei Personen mit depressiver Symptomatik sowohl vor als auch nach dem Umzug etwas geringer als bei Personen ohne auffällige CES-D-Werte. Als „kombinierte Lärmexposition“ wird im Folgenden der Gesamtlärmpegel aus allen drei betrachteten Verkehrslärmquellen (Straßenverkehrslärm, Schienenverkehrslärm und Fluglärm) verstanden, berechnet mittels energetischer Summation. Die kombinierte Lärmexposition betrug im Mittel 63,14 dB (SD \pm 4,58) vor bzw. 62,21 dB (SD \pm 5,06) nach dem Umzug für Personen ohne Depression und 61,37 (SD \pm 4,69) vor bzw. 61,64 dB (SD \pm 4,61) nach dem Umzug für Personen mit Depression. Für die einzelnen Verkehrslärmarten findet sich bei Personen mit Depression keine statistisch signifikante Änderung des Lärmpegels infolge eines Umzugs. Personen ohne eine Depression bei der Baseline-Erhebung wiesen eine statistisch signifikante Veränderung des Lärmpegels infolge eines Umzugs auf: Sie zogen tendenziell zu einer ruhigeren Wohnlage; dieser Zusammenhang erreichte für Straßen- und Schienenverkehrslärm und Fluglärm statistische Signifikanz. Wenn die umzugsbedingten Änderungen des Lärmpegels allerdings bei Personen mit versus ohne Depression verglichen wurden, ließ sich kein statistisch signifikanter Unterschied beobachten.

Insgesamt findet sich kein Anhalt dafür, dass Personen mit einer depressiven Symptomatik eher in eine verkehrsrühigere Wohnlage umziehen. Damit lässt sich die Hypothese eines „*Healthy-Resident-Effekts*“ durch die Ergebnisse der LIFE-Kohortenstudie nicht stützen.

Tabelle 114: Verkehrslärmbelastung vor und nach Umzug bei Personen mit und ohne depressive Symptomatik bei der Baseline-Erhebung

L_{DEN}	Keine Depression (CES-D<23) bei Baseline-Erhebung (N=4039)			Depression (CES-D ≥ 23) bei Baseline-Erhebung (N=212)			P-Wert†
Kein Umzug	3565 (88,3%)			182 (85,8%)			
Umzug	474 (11,7%)			30 (14,2%)			
	Mittelwert (SD)	Differenz* (SD)	P-Wert**	Mittelwert (SD)	Differenz* (SD)	P-Wert**‡	
Straßenverkehrslärm (dB)							
Vor Umzug	62,27 (4,79)	-1,12 (6,17)	0,0001	60,68 (5,08)	0,16 (6,52)	0,27	
Nach Umzug	61,15 (5,43)			60,84 (4,55)			
Schienenverkehrslärm (dB)							
Vor Umzug	50,14 (7,96)	-0,84 (10,01)	0,06	47,89 (6,31)	0,86 (9,74)	0,37	
Nach Umzug	49,39 (7,56)			48,75 (7,57)			
Fluglärm (dB)							
Vor Umzug	40,20 (1,00)	-0,02 (1,24)	0,70	40,27 (1,46)	-0,27 (1,46)	0,30	
Nach Umzug	40,17 (1,04)			40 (0)			
Kombinierte Lärmquellen							
Vor Umzug	63,14 (4,58)	-0,92 (5,75)	0,0005	61,37 (4,69)	0,28 (6,46)	0,27	
Nach Umzug	62,21 (5,06)			61,64 (4,61)			
Umzugsverhalten							
Umzug keine Veränderung (<-3dB - <3dB)	218 (46,0%)			9 (30,0%)			
Umzug lautere Lage (≥3dB)	104 (21,9%)			10 (33,3%)			
Umzug ruhigere Lage (≤3dB)	152 (32,1%)			11 (36,7%)			

† P-Wert Chi-Quadrat-Test

*Differenz = L_{DEN} nach Umzug – L_{DEN} vor Umzug

**P-Wert für T-Test zwischen Lärmwerte vor und nach Umzug

‡P-wert für T-Test der Differenz zwischen Depression und keiner Depression bei Baseline-Erhebung

4.3.16.2 Zusammenhang zwischen Angststörung und Umzugsverhalten

Etwa 16,1% Personen mit und 11,5% ohne Angststörung bei der Baseline-Erhebung waren zwischen der ersten und zweiten Befragung umgezogen. Etwa ein Drittel der Teilnehmenden zogen in Gebiete, die durch eine ruhigere Lage (i.e. Reduktion um 3 dB) charakterisiert waren (ohne Angststörung: 31,1%; mit Angststörung: 34,4%). Personen ohne Angststörung zogen häufig (46,8%) in Gebiete mit vergleichbarer Lärmbelastung (<-3dB-<3dB); bei Personen mit Symptomen für eine Angststörung taten dies etwa nur ein Drittel (31,3%). Weiterhin zogen anteilig mehr Personen mit Angststörung in lautere Gebiete als Personen ohne Angststörung (34,4% versus 22,1%).

Es zeigten sich insgesamt nur geringfügige Unterschiede hinsichtlich der Verkehrslärmbelastung vor und nach dem Umzug: Die Gesamtlärmbelastung betrug im Mittel 63,01 dB (SD ± 4,64) vor bzw. 62,27 dB (SD ± 5,08) nach dem Umzug für Personen ohne Angststörung und 61,51 dB (SD ± 4,25) vor bzw. 61,60 dB (SD ± 4,42) nach dem Umzug für Personen mit Angststörung. Die umzugsbezogenen geringfügigen Änderungen des Gesamtlärmpegels waren bei Personen mit Angststörung statistisch nicht signifikant. Auch für die einzelnen Verkehrslärmarten findet sich bei Personen mit Angststörung keine

statistisch signifikante Änderung des Lärmpegels infolge eines Umzugs. Personen ohne eine Angststörung bei der Baseline-Erhebung wiesen eine statistisch signifikante Verringerung des Gesamtlärmpegels und des Straßenverkehrslärms infolge eines Umzugs auf; für Schienenverkehrslärm und Fluglärm ließ sich keine statistisch signifikante umzugsbedingte Veränderung des Lärmpegels feststellen.

Wenn die umzugsbedingten Änderungen des Lärmpegels bei Personen mit versus ohne Angststörung verglichen wurden, ließ sich kein statistisch signifikanter Unterschied beobachten. Auch für die Angststörung findet sich somit kein Anhalt für das Vorliegen eines „Healthy-Resident“-Effektes.

Auch für die Angststörung findet sich somit kein Anhalt für das Vorliegen eines „Healthy-Resident“-Effektes. Die Darstellung der einzelnen Verkehrslärmquellen findet sich in Tabelle 115.

Tabelle 115: Verkehrslärmbelastung vor und nach Umzug bei Personen mit und ohne Angststörung bei der Baseline-Erhebung

L_{DEN}	Keine Depression (CES-D < 23) bei Baseline (N=4039)			Depression (CES-D \geq 23) bei Baseline (N=212)		P-Wert**
	Kein Umzug			Mittelwert (SD)	Differenz* (SD)	
Kein Umzug	3565 (88,3%)			182 (85,8%)		
Umzug	474 (11,7%)			30 (14,2%)		
		Mittelwert (SD)	Differenz* (SD)	P-Wert**	Mittelwert (SD)	Differenz* (SD)
Straßenverkehrslärm (dB)						
Vor Umzug	62,17 (4,83)	-0,99 (6,16)	0,0003	60,66 (5,04)	0,16 (6,59)	0,89
Nach Umzug	61,18 (5,45)			60,82 (4,75)		
Schienenverkehrslärm (dB)						
Vor Umzug	49,98 (7,89)	-0,50 (10,00)	0,26	48,19 (5,77)	-0,26 (7,96)	0,85
Nach Umzug	49,48 (7,66)			47,93 (6,96)	49,48 (7,66)	
Fluglärm (dB)						
Vor Umzug	40,18 (0,96)	0,00 (1,30)	0,96	40,25 (1,41)	0,18 (2,77)	0,71
Nach Umzug	40,18 (1,13)			40,43 (2,33)		
Kombinierte Lärmquellen						
Vor Umzug	63,01 (4,64)	-0,74 (5,80)	0,004	61,51 (4,25)	0,09 (5,89)	0,93
Nach Umzug	62,27 (5,08)			61,60 (4,42)	62,27 (5,08)	
Umzugsverhalten						
Umzug keine Veränderung (<-3dB - <3dB)	218 (46,0%)			9 (30,0%)		
Umzug lautere Lage (\geq 3dB)	104 (21,9%)			10 (33,3%)		
Umzug ruhigere Lage (\leq 3dB)	152 (32,1%)			11 (36,7%)		

† P-Wert Chi-Quadrat-Test

*Differenz = L_{DEN} nach Umzug – L_{DEN} vor Umzug

**P-Wert für T-Test zwischen Lärmwerte vor und nach Umzug

‡P-wert für T-Test der Differenz zwischen Angststörung und keiner Angststörung bei der Baseline-Erhebung

4.3.17 Berücksichtigung einer möglichen Beeinflussung der Ergebnisse durch die Coronapandemie

4.3.17.1 Definition der Coroneinschränkungen

Um dem möglichen Einfluss der Coronapandemie in der vorliegenden Studie Rechnung zu tragen, wurde jedem Befragungsdatum der Follow-up-Befragung eine eingeschätzte Schwere (auf einer Skala von 0 bis 5) der zur Eindämmung der Coronapandemie getroffenen Maßnahmen (u.a. Kontaktbeschränkungen, Schließung von Einrichtungen) zugeordnet. Dabei entsprach 0 „keinen Einschränkungen“ und 5 „sehr starken Einschränkungen“. Im Folgenden findet sich eine Auflistung der Maßnahmen mit Datum und Einteilung der Schwere (Tabelle 116).

Personen, bei denen die Befragung vor der Pandemie stattfand, wurden der Kategorie „0 – keine Einschränkungen“ zugeordnet.

Tabelle 116: Maßnahmen in der Stadt Leipzig während der Coronapandemie im Jahr 2020/2021

Bewertung der Maßnahmen („0“ = keine Einschränkung bis „5“ = sehr starke Einschränkung)	Maßnahmen mit Datum
5	18.3.2020: Schließung von Schulen, Kindergärten, Bibliotheken, Museen, Kirchen, Theater, Schwimmbäder, Sporthallen
5	18.3.2020: Verbot von Veranstaltungen, Ausgangsbeschränkungen:
4	22.4.2020: Teilweise Öffnung der Schulen 27.4.2020: Einführung Mundschutzpflicht in ÖPNV und Einzelhandel
3	30.4.2020: Wiederöffnung von Einkaufszentren und größeren Läden unter Auflagen
2	18.5.2020: Wiederöffnung von Kitas und Schulen sowie Gaststätten und Hotels unter Auflagen
1	6.6.2020: Besuche in Pflegeheimen sowie Familienfeiern wieder möglich
0	29.6.2020: Wiederaufnahme des Regelbetriebs in Kitas und Kinderkrippen
0	29.6.2020: Lockerung bei der Anzahl der erlaubten Kontakte im privaten Umfeld
0	August 2020: nach den Sommerferien Regelbetrieb in den Schulen
3	21.10.2020: Einführung von Sperrstunden sowie strengerer Maskenpflicht
4	2.11.2020: „Teil-Lockdown“: Beschränkung sozialer Kontakte auf 2 Haushalte, Schließung gastronomischer Einrichtungen, Freizeiteinrichtungen, Hotels
	18.11.2020: Verabschiedung des neuen Infektionsschutzgesetzes
5	1.12.2020: Verschärfung der Schutzmaßnahmen zur Eindämmung der Pandemie: Alkoholverbot im öffentlichen Raum bei Inzidenz > 200/100.000 Einwohner, Verlassen der Wohnung nur noch aus triftigen Gründen
5	14.12.2020: Schließung von Schulen, Kitas sowie den meisten Geschäften des Einzelhandels; gültig bis einschl. März 2021 27.12.2020: Bundesweiter Beginn der Schutzimpfungen gegen SARS-CoV-2; Inbetriebnahme der Impfzentren in Sachsen: 11.01.2021
5	11.1.2021: Verlängerung der Lockdown-Regelung, Verschärfung der Kontaktbeschränkungen (Treffen von Menschen eines Haushalts mit einer haushaltsfremden Person möglich) Inbetriebnahme der Impfzentren in Sachsen, individuelle Terminbuchungen möglich (nach Priorisierung)

Bewertung der Maßnahmen („0“ = keine Einschränkung bis „5“ = sehr starke Einschränkung)	Maßnahmen mit Datum
3	18.1.2021: Wiederaufnahme Präsenzunterricht für Abschlussklassen
3	28.1.2021: Verpflichtung der Arbeitgeber zum Angebot von Homeoffice-Arbeit; Pflicht zum Tragen eines medizinischen Mund-Nasenschutzes in Einzelhandel, ÖPNV, Kirche und Gesundheitseinrichtungen
3	Anfang Februar: vorgezogene Winterferien
2	15.2.2021: Öffnung von Grundschulen und Kitas

4.3.17.2 Zum Einfluss der Coronabeschränkungen auf die Ergebnisse zur Depression

Es zeigten sich keine nennenswerten Unterschiede hinsichtlich der Coroneinschränkungen am Befragungsdatum zwischen Teilnehmenden mit und ohne inzidente Depression (Tabelle 117). Etwa Dreiviertel aller Personen nahmen an einem Befragungsdatum ohne bestehende Einschränkungen teil. Bei etwa 12% der Teilnehmenden wurde die Befragung beim Vorliegen sehr starker Coronabeschränkungen durchgeführt.

Tabelle 117: Deskriptive Statistik für Coronabeschränkungen in Bezug auf eine inzidente Depression

	Keine Depression (CES-D > 23)		Depression (CES-D > 23)	
	n	%	n	%
Offizielle Einschränkungen während der Coronapandemie				
0 (keine)	3359	76,6%	189	77,1
1	41	0,9	4	1,6
2	97	2,2	4	1,6
3	234	5,3	12	4,9
4	106	2,4	6	2,4
5 (sehr starke)	541	12,4	30	12,2

Zur Prüfung eines möglichen Einflusses der Coronapandemie auf den Zusammenhang zwischen Verkehrslärm und dem Auftreten einer Depression wurden Coroneinschränkungen zusätzlich im Grundmodell (mittels Adjustierung) berücksichtigt (Modell G).

Wurden die Einschränkungen durch Corona zusätzlich mit in das Grundmodell aufgenommen, so fanden sich keine wesentlichen Änderungen der oben berichteten Ergebnisse für die drei Verkehrslärmarten (Tabelle 118) für die getrennte Betrachtung von Eisenbahn- und Straßenbahnverkehrslärm (Tabelle 119) wie auch der Ergebnisse für eisenbahnlärmbedingte Aufwachreaktionen (Tabelle 120).

Tabelle 118: Inzidenzraten-Ratios (IRR) für verkehrslärmbezogene Depression im „Grundmodell“, Berücksichtigung von Coronabeschränkungen

	Straßenverkehrslärm				Schienenverkehrslärm				Fluglärm			
	Gesamt	CES-D \geq 23 ³	IRR	95%KI	Gesamt	CES-D \geq 23 ³	IRR	95%KI	Gesamt	CES-D \geq 23 ³	IRR	95%KI
L_{DEN}												
< 40 dB					541	34	1	Referenz				
<40dB, Max. <50dB									4011	213	1	Referenz
<40dB, Max. \geq 50dB (NAT-6) ¹									89	4	0,86	0,33-2,28
\geq 40 – <45 dB					997	54	0,84	0,56-1,28	333	19	1,19	0,76-1,87
\geq 45 – <50 dB					1119	59	0,81	0,54-1,22	79	4	0,96	0,37-2,49
< 50 dB	147	9	1	Referenz								
\geq 50 – <55 dB	334	19	0,94	0,44-2,02	994	48	0,72	0,47-1,10	13	0	-	-
\geq 55 – <60 dB	1272	75	0,98	0,50-1,91	451	16	0,54	0,30-0,96	9	1	2,12	0,35-12,7
\geq 60 dB	2781	138	0,86	0,44-1,66	432	30	1,06	0,66-1,70				
\geq 60 – <65 dB	1775	89	0,83	0,41-1,66								
\geq 65 – <70 dB	929	45	0,83	0,26-2,65								
\geq 70 dB	77	4	0,77	0,24-2,41								
Kontinuierlich (Pro 10 dB)			0,883	0,691-1,127			0,952	0,811-1,118			1,134	0,736-1,748
L_{Night}												
< 40 dB	144	9	1	Referenz	2162	122	1	Referenz				
<40dB, Max. <50dB									4123	222	1	Referenz
<40dB, Max. \geq 50dB (NAT-6) ¹									331	15	0,90	0,54-1,50
\geq 40 – <45 dB	370	19	0,83	0,39-1,78	1023	56	0,93	0,68-1,26	61	3	0,94	0,31-2,82
\geq 45 – <50 dB	1514	86	0,94	0,49-1,81	759	28	0,63	0,42-0,94	10	0	-	-
\geq 50 – <55 dB	1795	90	0,84	0,44-1,63	276	14	0,89	0,52-1,52	9	1	2,09	0,35-12,5
\geq 55 – <60 dB	646	32	0,83	0,40-1,69	226	15	1,13	0,68-1,90				
\geq 60 dB	65	5	1,23	0,42-3,56	88	6	1,13	0,51-2,52				
Kontinuierlich (Pro 10 dB)			0,893	0,700-1,141			0,954	0,797-1,142			1,126	0,415-3,055
NAT-6												
< 40 dB					903	45	1	Referenz				

≥40 – <45 dB					338	16	0,95	0,55-1,66	2510	135	1	Referenz
≥45 – <50 dB					733	48	1,26	0,85-1,86	1613	87	1,01	0,78-1,31
≥50 – <55 dB					921	50	1,03	0,70-1,53	257	9	0,70	0,36-1,36
≥55 – <60 dB					696	34	0,90	0,58-1,40	110	7	1,24	0,60-2,57
≥60 dB					941	48	0,97	0,65-1,43	44	3	1,34	0,46-2,24
Kontinuierlich (Pro 10 dB)							1,007	0,899-1,128			1,006	0,726-1,394

¹entspricht NAT-6

²Nur NAT-6 Eisenbahnverkehrslärm

³CES-D = Center for Epidemiologic Studies Depression Scale (CES-D ≥ 23: Grenzwert für eine klinisch relevante depressive Symptomatik)

Grundmodell adjustiert für: Alter (5 Jahres Kategorien), Geschlecht und sozioökonomischen Status (3 Kategorien)

Tabelle 119: Inzidenzraten-Ratios (IRR) für verkehrslärmbezogene Depression im „Grundmodell“, Berücksichtigung von Coronabeschränkungen für Schienenverkehrslärm (getrennt betrachtet)

	Eisenbahnverkehrslärm				Straßenbahnverkehrslärm				Schienenverkehrslärm (Eisen – und Straßenbahn kombiniert)			
	Ge- samt	CES-D ≥23 ¹	IRR	95%KI	Ge- samt	CES-D ≥23 ¹	IRR	95%KI	Gesamt	CES-D ≥23 ¹	IRR	95%KI
L_{DEN}												
< 40 dB	1835	100	1	Referenz	2099	108	1	Referenz	541	34	1	Referenz
≥40 – <45 dB	875	53	1,03	0,74-1,42	1076	69	1,24	0,92-1,65	997	54	0,84	0,56-1,28
≥45 – <50 dB	718	33	0,80	0,55-1,18	554	23	0,81	0,52-1,26	1119	59	0,81	0,54-1,22
≥50 – <55 dB	655	31	0,81	0,55-1,20	379	18	0,90	0,55-1,46	994	48	0,72	0,47-1,10
≥55 – <60 dB	289	13	0,79	0,45-1,40	153	4	0,49	0,18-1,31	451	16	0,54	0,30-0,96
≥60 dB	162	11	1,20	0,66-2,19	270	19	1,31	0,82-2,10	432	30	1,06	0,66-1,70
Kontinuierlich (Pro 10 dB)			0,933	0,799-1,090			0,996	0,866-1,147			0,952	0,811-1,118
L_{Night}												
< 40 dB	3029	167	1	Referenz	3603	191	1	Referenz	2162	122	1	Referenz
≥40 – <45 dB	672	35	0,91	0,64-1,30	421	23	1,00	0,66-1,53	1023	56	0,93	0,68-1,26
≥45 – <50 dB	537	24	0,79	0,52-1,19	209	7	0,62	0,29-1,30	759	28	0,63	0,42-0,94
≥50 – <55 dB	184	8	0,79	0,39-1,58	94	7	1,32	0,64-2,73	276	14	0,89	0,52-1,52
≥55 – <60 dB	77	4	0,87	0,34-2,24	158	10	1,18	0,64-2,19	226	15	1,13	0,68-1,90
≥60 dB	35	3	1,68	0,57-4,98	46	3	1,11	0,37-3,37	88	6	1,13	0,51-2,52
Kontinuierlich Pro 10 dB			0,931	0,748-1,157			1,008	0,821-1,238			0,954	0,797-1,142
L_{max,22-06}												
< 40 dB	605	32	1	Referenz	2009	101	1	Referenz	262	14	1	Referenz
≥40 – <45 dB	157	6	0,67	0,29-1,58	562	36	1,27	0,88-1,84	137	11	1,43	0,67-3,04
≥45 – <50 dB	437	33	1,35	0,84-2,16	569	31	1,08	0,73-1,59	334	20	1,14	0,59-2,21
≥50 – <55 dB	1002	57	0,99	0,65-1,50	456	24	1,06	0,69-1,62	907	50	0,98	0,55-1,73
≥55 – <60 dB	956	47	0,84	0,54-1,30	338	18	1,02	0,63-1,67	1044	56	0,93	0,53-1,65
≥60 – <65 dB	598	28	0,78	0,48-1,28	245	10	0,81	0,43-1,52	762	33	0,74	0,40-1,35
≥65 – <70 dB	369	17	0,81	0,46-1,44	109	5	0,87	0,36-2,09	458	20	0,77	0,40-1,49

	Eisenbahnverkehrslärm				Straßenbahnverkehrslärm				Schienenverkehrslärm (Eisen – und Straßenbahn kombiniert)			
≥70 dB	410	21	0,88	0,52-1,50	246	16	1,23	0,74-2,05	630	37	1,01	0,56-1,84
Kontinuierlich (Pro 10 dB)			0,970	0,863-1,089			1,007	0,910-1,114			0,989	0,870-1,124

¹CES-D = Center for Epidemiologic Studies Depression Scale (CES-D ≥ 23: Grenzwert für eine klinisch relevante depressive Symptomatik)

Grundmodell adjustiert für: Alter (5-Jahres-Kategorien), Geschlecht und sozioökonomischen Status (3 Kategorien)

Tabelle 120: Inzidente Depression: Aufwachreaktionen für Schienenlärm im „Grundmodell“ mit Berücksichtigung von Coronabeschränkungen

Aufwachreaktionen	Gesamt	CES-D ≥23	IRR	Depression CES-D ≥23 ¹ 95%KI
< 0-<1	3746	205	1	Referenz
≥ 1-<2	630	28	0,78	0,53-1,15
≥ 2-<3	126	5	0,73	0,32-1,72
≥ 3	28	3	1,86	0,63-5,53

¹CES-D = Center for Epidemiologic Studies Depression Scale (CES-D ≥ 23: Grenzwert für eine klinisch relevante depressive Symptomatik)

Grundmodell adjustiert für: Alter (5-Jahres-Kategorien), Geschlecht und sozioökonomischen Status (3 Kategorien)

4.3.17.3 Angststörungen

Es fand sich kein nennenswerter Unterschied hinsichtlich der Coroneinschränkungen am Befragungsdatum zwischen Teilnehmenden mit und ohne inzidente Angststörungen. Über Dreiviertel aller Personen nahmen an einem Befragungsdatum ohne bestehende Coroneinschränkungen teil. Starke Coroneinschränkungen zum Befragungsdatum fanden sich bei 12,9% der Teilnehmenden ohne und 10,5% der Teilnehmenden mit inzidenter Angststörung (Tabelle 121).

Tabelle 121: Deskriptive Statistik für Coroneinschränkungen in Bezug auf eine inzidente Angststörung

Offizielle Einschränkungen während der Coronapandemie	Keine Angststörung (GAD <10)		Angststörung (GAD ≥10)	
	n	%	n	%
0	3708	76,3	191	77,0
1	34	0,7	4	1,6
2	111	2,3	4	1,6
3	265	5,5	15	6,0
4	118	2,4	8	3,2
5	626	12,9	26	10,5

Wurden die Einschränkungen durch Corona zusätzlich mit in das Grundmodell aufgenommen, so fanden sich keine wesentlichen Änderungen der oben berichteten Ergebnisse für die drei Verkehrslärmarten (Tabelle 122), für die getrennte Betrachtung von Eisenbahn- und Straßenbahnverkehrslärm (Tabelle 123) wie auch der Ergebnisse für eisenbahnlärmbedingte Aufwachreaktionen (Tabelle 124).

Tabelle 122: Inzidente Angststörungen: Inzidenzraten-Ratios (IRR) der multivariablen logistischen Regressionsanalysen im „Grundmodell“ mit Coronabeschränkungen

	Straßenverkehrslärm				Schienenverkehrslärm				Fluglärm			
	Gesamt	GAD ≥10 ³	IRR	95%KI	Gesamt	GAD ≥10 ³	IRR	95%KI	Gesamt	GAD ≥10 ³	IRR	95%KI
L_{DEN}												
< 40 dB					567	29	1	Referenz				
<40dB, Max. <50dB									4445	209	1	Referenz
<40dB, Max. ≥50dB (NAT-6) ¹									98	4	0,84	0,31-2,24
≥40 – <45 dB					1057	50	0,90	0,58-1,41	362	23	1,48	0,98-2,24
≥45 – <50 dB					1179	55	0,87	0,56-1,35	87	1	0,24	0,04-1,70
< 50 dB	172	12	1	Referenz								
≥50 – <55 dB	364	18	0,74	0,37-1,49	1037	51	0,92	0,59-1,43	20	2	2,54	0,73-8,87
≥55 – <60 dB	1428	64	0,68	0,37-1,22	480	22	0,88	0,52-1,51	11	2	3,31	1,00-1,00
≥60 dB					462	34	1,27	0,79-2,06				
≥60 – <65 dB	1950	100	0,73	0,41-1,29								
≥65 – <70 dB	1025	42	0,56	0,30-1,04								
≥70 dB	84	5	0,69	0,25-1,88								
Kontinuierlich (Pro 10 dB)			0,846	0,664-1,077			1,065	0,914-1,242			1,337	0,914-1,956
L_{Night}												
< 40 dB	167	11	1	Referenz	2290	112	1	Referenz				
<40dB, Max. <50dB									4565	218	1	Referenz
<40dB, Max. ≥50dB (NAT-6) ¹									365	18	1,08	0,68-1,73
≥40 – <45 dB	409	21	0,82	0,41-1,65	1049	52	0,99	0,72-1,37	66	1	0,33	0,05-2,28
≥45 – <50 dB	1676	77	0,72	0,39-1,32	815	33	0,83	0,57-1,21	16	2	2,93	0,86-9,96
≥50 – <55 dB	1973	96	0,73	0,40-1,32	298	22	1,46	0,94-2,26	11	2	3,26	0,98-10,8
≥55 – <60 dB	728	31	0,60	0,31-1,18	240	14	1,07	0,63-1,83				
≥60 dB	70	5	0,88	0,32-2,42	90	8	1,62	0,81-3,24				
Kontinuierlich (Pro 10 dB)			0,831	0,651-1,061			1,095	0,929-1,291			1,590	0,766-3,302
NAT-6²												

	Straßenverkehrslärm				Schienenverkehrslärm				Fluglärm			
	Gesamt	GAD ≥10 ³	IRR	95%KI	Gesamt	GAD ≥10 ³	IRR	95%KI	Gesamt	GAD ≥10 ³	IRR	95%KI
< 40 dB					1008	47	1	Referenz				
≥40 – <45 dB					372	18	1,03	0,61-1,75	2776	133	1	Referenz
≥45 – <50 dB					779	40	1,11	0,74-1,67	1789	85	1,00	0,77-1,30
≥50 – <55 dB					1035	46	0,93	0,63-1,38	278	13	1,19	0,82-1,73
≥55 – <60 dB					755	32	0,91	0,59-1,40	128	6	0,78	0,46-1,33
≥60 dB					1072	58	1,14	0,79-1,65	52	4	1,06	0,60-1,90
Kontinuierlich							1,046	0,936-1,169			1,072	0,925-1,242

¹entspricht NAT-6

²Nur NAT-6 Eisenbahnverkehrslärm

³GAD = Generalized Anxiety Disorder (GAD ≥ 10: Grenzwert für eine klinisch relevante Angstsymptomatik)

Grundmodell adjustiert für: Alter (5 Jahres Kategorien), Geschlecht und sozioökonomischen Status (3 Kategorien)

Tabelle 123: Inzidente Angststörungen: Inzidenzraten-Ratios (IRR) der multivariablen logistischen Regressionsanalysen im „Grundmodell mit Coronabeschränkungen für Schienenverkehrslärm (getrennt betrachtet)“

	Eisenbahnverkehrslärm				Straßenbahnverkehrslärm				Schienenverkehrslärm (Eisen- und Straßenbahn kombiniert)			
	Ge- samt	GAD ≥10 ¹	IRR	95%KI	Ge- samt	GAD ≥10 ¹	IRR	95%KI	Ge- samt	GAD ≥10 ¹	IRR	95%KI
L_{DEN}												
< 40 dB	2010	100	1	Referenz	2328	107	1	Referenz	567	29	1	Referenz
≥40 – <45 dB	97	39	0,77	0,53-1,10	1199	62	1,11	0,82-1,50	1057	50	0,90	0,58-1,41
≥45 – <50 dB	799	36	0,89	0,62-1,29	608	28	0,98	0,65-1,48	1179	55	0,87	0,56-1,35
≥50 – <55 dB	735	36	0,98	0,67-1,42	410	18	0,89	0,55-1,43	1037	51	0,92	0,59-1,43
≥55 – <60 dB	318	18	1,16	0,72-1,88	168	4	0,52	0,19-1,38	480	22	0,88	0,52-1,51
≥60 dB	188	12	1,26	0,71-2,22	307	22	1,38	0,88-2,16	462	34	1,27	0,79-2,06
Kontinuierlich (Pro 10 dB)			1,034	0,890-1,201			1,026	0,893-1,179			1,065	0,914-1,242
L_{Night}												
< 40 dB	3343	155	1	Referenz	3814	189	1	Referenz	2290	112	1	Referenz
≥40 – <45 dB	744	38	1,11	0,79-1,57	423	23	1,04	0,68-1,58	1049	52	1,03	0,61-1,75
≥45 – <50 dB	593	26	0,96	0,64-1,44	233	6	0,52	0,24-1,14	815	33	1,11	0,74-1,67
≥50 – <55 dB	216	15	1,58	0,95-2,60	97	8	1,43	0,72-2,83	298	22	0,93	0,63-1,38
≥55 – <60 dB	86	4	0,90	0,35-2,32	166	10	1,09	0,59-2,03	240	14	0,91	0,59-1,40
≥60 dB	41	3	1,60	0,53-4,79	46	5	1,82	0,77-4,28	90	8	1,14	0,79-1,65
Kontinuierlich (Pro 10 dB)			1,119	0,926-1,353			1,052	0,864-1,280			1,095	0,929-1,291
L_{max,22-06}												
< 40 dB	677	32	1	Referenz	2225	92	1	Referenz	297	11	1	Referenz
≥40 – <45 dB	171	10	1,09	0,55-2,18	644	36	1,36	0,93-1,97	154	11	1,80	0,80-4,06
≥45 – <50 dB	481	31	1,32	0,81-2,13	627	40	1,55	1,09-2,22	368	23	1,69	0,84-3,39
≥50 – <55 dB	1085	44	0,82	0,53-1,28	490	23	1,11	0,71-1,73	987	42	1,10	0,58-2,09
≥55 – <60 dB	1057	48	0,90	0,59-1,39	380	19	1,16	0,72-1,87	1154	56	1,22	0,65-2,29
≥60 – <65 dB	663	37	1,13	0,71-1,78	258	8	0,73	0,36-1,46	829	39	1,21	0,63-2,31
≥65 – <70 dB	420	14	0,67	0,37-1,24	124	4	0,77	0,29-2,06	519	16	0,79	0,37-1,67

	Eisenbahnverkehrslärm				Straßenbahnverkehrslärm				Schienenverkehrslärm (Eisen- und Straßenbahn kombiniert)			
	Ge- samt	GAD ≥10 ¹	IRR	95%KI	Ge- samt	GAD ≥10 ¹	IRR	95%KI	Ge- samt	GAD ≥10 ¹	IRR	95%KI
≥70 dB	469	25	1,05	0,64-1,73	275	19	1,45	0,90-2,36	715	43	1,45	0,76-2,777
Kontinuierlich (Pro 10 dB)			0,998	0,892-1,116			1,036	0,940-1,141			1,031	0,915-1,163

¹GAD = Generalized Anxiety Disorder (GAD ≥ 10: Grenzwert für eine klinisch relevante Angstsymptomatik)

Grundmodell adjustiert für: Alter (5-Jahres-Kategorien), Geschlecht und sozioökonomischen Status (3 Kategorien)

Tabelle 124: Inzidente Angststörungen: Inzidenzraten-Ratios (IRR) der multivariablen logistischen Regressionsanalysen für Aufwachreaktionen durch Eisenbahnverkehrslärm für das „Grundmodell“ mit Coronabeschränkungen

	Aufwachreaktionen Eisenbahnverkehrslärm			
	Gesamt	GAD ≥10 ¹	IRR	95%KI
0-<1	4143	202	1	Referenz
≥ 1-<2	702	32	0,94	0,66-1,35
≥ 2-<3	144	3	0,45	0,15-1,37
≥ 3	30	4	2,55	1,02-6,37

¹GAD = Generalized Anxiety Disorder (GAD ≥ 10: Grenzwert für eine klinisch relevante Angstsymptomatik)

Grundmodell adjustiert für: Alter (5-Jahres-Kategorien), Geschlecht und sozioökonomischen Status (3 Kategorien)

4.3.17.4 Verkehrsaufkommen während der Coronapandemie

Die Coronapandemie verursachte merkliche Veränderungen in der Alltagsmobilität der Leipziger Bevölkerung. Die Verkehrsökologie Dresden untersuchte anhand öffentlich verfügbarer Daten die verkehrliche Entwicklung der Stadt Leipzig im Studienzeitraum. Eine umfassende, wohnstandortfeine Beurteilung der Entwicklung war im Rahmen dieses Projektes nicht möglich, da hierfür weitere Lärmmodellierungen notwendig gewesen wären.

Anhand der Daten der Stadt Leipzig zu den Dauerzählstellen zeigte sich, dass sich das Verkehrsaufkommen bis zu 30% an den Leipziger Dauerzählstellen während der Pandemie verringerte (siehe auch Anlage). Deutschlandweit wurde ein Rückgang der Passagierzahlen im Luftverkehr um ~ 75% während der Pandemie verzeichnet; die Anzahl der Flugbewegungen sank um ca. 55% (ADV, 2021). Aufgrund des hohen Anteils an Luftfrachtverkehr am Flughafen Leipzig/Halle fiel der Rückgang der Flugbewegungen im betrachteten Leipziger Studiengebiet allerdings weniger stark aus. Eine Darstellung der Entwicklung im Luftverkehr für den Flughafen Leipzig-Halle findet sich im Anhang A.5.

Insgesamt ist eine Änderung im Verkehrsaufkommen insbesondere zu Beginn der Coronapandemie festzustellen. Diese wird durch die in Tabelle 116 dargestellte Variable zu Coronabeschränkungen zumindest teilweise mit abgebildet. Die fehlende nennenswerte Veränderung der Risikoschätzer bei Aufnahme dieser Variable in die Regressionsmodelle spricht gegen eine wesentliche Beeinflussung der Projektergebnisse durch Veränderungen des Verkehrsaufkommens im Zuge der Coronapandemie.

4.3.18 Gemeinsame Analyse von Depression und Angststörungen

Depression und Angststörungen können als komorbide Erkrankungen auftreten. Außerdem handelt es sich um eng benachbarte affektive Erkrankungen, bei denen die eine Erkrankung in die andere übergehen kann. Daher wurden in einer Sensitivitätsanalyse Depression und Angststörungen als Outcome zusammen ausgewertet, um mögliche diagnostische Fehlklassifizierungen bei diesen eng benachbarten Krankheitsbildern und Komorbiditäten zu berücksichtigen. Außerdem konnte damit implizit erreicht werden, dass bei einer inzidenten Depression bei Follow-up-Untersuchung auch keine Angststörung bei Baseline-Erhebung vorlag (und umgekehrt).

7,3% der Teilnehmenden wies eine inzidente Depression und/oder Angststörung bei Follow-up-Erhebung auf. Im Ergebnis der Regressionsanalysen bestätigten sich die bei der Analyse der einzelnen Erkrankungen Depression bzw. Angststörung gefundenen Resultate. Die Ergebnistabellen sind auf Anfrage bei den Autoren erhältlich.

4.3.19 Zusammenfassung der Ergebnisse

Insgesamt nahmen 5670 Personen an der Folgebefragung teil. Das entspricht einem „Loss-to-Follow-up“ von 43,3%. Es fanden sich deutliche Unterschiede zwischen Teilnehmenden und Nicht-Teilnehmenden an der Follow-up-Befragung: Nichtteilnehmende waren im Vergleich zu Teilnehmenden deutlich jünger, und sie waren durch einen niedrigeren sozioökonomischen Status charakterisiert. Weiterhin war auch die Prävalenz von Depressionen bzw. Angststörungen bei der Ersterhebung bei Non-Respondern (8,4% bzw. 7,5%) höher als bei Respondern (4,9% bzw. 4,4%). Non-Responder hatten im Mittel auch eine höhere Belastung durch Straßen- und Schienenverkehrslärm als Responder.

Die Inzidenz für die untersuchten Erkrankungen lag bei 5,3% für Depressionen und bei 4,9% für Angststörungen. Frauen und Personen mit geringem sozioökonomischen Status waren i.d.R. häufiger

betroffen als Männer bzw. Personen mit hohem Sozialstatus. Sowohl bei Depressionen als auch bei Angststörungen fanden sich Unterschiede in der Altersstruktur zwischen Erkrankten und Nicht-Erkrankten: Personen mit inzidenter Depression waren durchschnittlich älter als Personen mit inzidenter Angststörung. Weiterhin waren Personen mit psychischen Störungen häufiger stark übergewichtig, hatten traumatische Kindheitsereignisse erlebt und waren häufiger aktiv Rauchende im Vergleich zu Personen ohne auffällige Werte. Weiterhin fühlten sich mehr Personen mit einer inzidenten Depression/Angststörung durch Verkehrslärm hoch belastigt und hochgradig schlafgestört als Personen ohne Depression/Angststörung. Es gab nur geringfügige Unterschiede in der Feinstaubbelastung zwischen Erkrankten und Nicht-Erkrankten.

Bei etwa 22,7% der Teilnehmenden über 60 Jahren ließ sich eine inzidente kognitive Beeinträchtigung feststellen. Eine Analyse des Altersgangs wies auf eine mögliche Selektionsverzerrung hin, die auf die geringe Response zurückzuführen sein könnte. Darüber hinaus könnten unterschiedliche Erhebungsformen der kognitiven Beeinträchtigungen Verzerrungen eingetragen haben. Da außerdem nur geringe Fallzahlen vorlagen, wurde von einer Analyse des Zusammenhangs zwischen Verkehrslärm und dem Risiko für eine inzidente kognitive Beeinträchtigung abgesehen.

Im Ergebnis ließ sich der für die querschnittliche Betrachtung beschriebene Fund erhöhter Straßenverkehrslärm-bezogener Risiken für Depressionen in der längsschnittlichen Analyse nicht bestätigen: es fanden sich keine erhöhten Straßenverkehrslärm-bezogenen Risiken für eine Depression oder eine Angststörung. Für Schienenverkehrslärm fanden sich die höchsten (statistisch nicht signifikanten) Risikoschätzer für Depressionen und Angststörungen in der jeweils höchsten Expositionskategorie (≥ 60 dB L_{DEN}). Beim Straßenbahnlärm erreichten die Risikoerhöhungen für Depressionen sowie für Depressionen und/oder Angststörungen in mittleren Pegelkategorien statistische Signifikanz. Für Fluglärm fanden sich bei sehr geringer Felderbelegung bei Pegeln von 50 dB L_{DEN} oder mehr erhöhte Risikoschätzer für eine Depression und/oder eine Angststörung, die teilweise statistische Signifikanz erreichten. Auf der Grundlage der kontinuierlichen Fluglärmpegel fanden sich Anstiege des Angststörungs-Risikos (IRR) von 34% pro 10 dB (95% KI 0,91-1,96) für den L_{DEN} , von 59% pro 10 dB (95% KI 0,77-3,31) für den L_{Night} und von 11% pro 10 dB (95% KI 0,82-1,52) für den NAT-6. Ein stärkerer Zusammenhang war dabei für Personen mit Lärmschutzmaßnahmen am Wohnhaus zu beobachten (L_{Night} : IRR= 2,08, 95% KI 0,96-4,50 pro 10 dB).

Bahnlärmbedingte Aufwachreaktionen

Es zeigte sich ein deutlich erhöhtes Depressionsrisiko bei drei und mehr eisenbahnlärmbedingten Aufwachreaktionen. Der Risikoschätzer erreichte statistische Signifikanz, wenn Personen mit fehlenden Werten für Depression bei Baseline in das Grundmodell (adjustiert für Geschlecht, Alter und Sozialstatus) eingeschlossen wurden (Sensitivitätsanalyse: IRR=2,52; 95% KI 1,15-5,67). Wurde die Hauptanalyse dahingehend stratifiziert, ob Lärmschutzmaßnahmen am Wohngebäude vorhanden waren oder nicht, war ein statistisch signifikant erhöhtes Risiko für eine Depression bei drei und mehr Aufwachreaktionen bei Personen ohne Lärmschutzmaßnahmen zu beobachten (IRR=2,93; 95% KI 1,02-8,37).

Das Risiko für eine inzidente Angststörung war bei drei und mehr eisenbahnlärmbedingten Aufwachreaktionen statistisch signifikant erhöht (IRR=2,56; 95% KI 1,02-6,43). Eine Risikoerhöhung fand sich insbesondere bei Männern. Besonders auch Personen ohne Lärmschutzmaßnahmen wiesen ein erhöhtes Risiko für eine Angststörung bei drei und mehr Aufwachreaktionen auf (IRR=2,81; 95% KI 0,91-8,29).

Wurden zusätzlich zu Alter, Geschlecht und sozioökonomischem Status noch BMI, Kindheitstraumata, Luftschadstoffbelastung und körperliche Aktivität bzw. Rauchen und Alkoholkonsum mit in das Modell aufgenommen („Direkte-Effekte-Modelle“), bestätigten sich prinzipiell die Ergebnisse des Grundmodells. Die Aufnahme von starker Belästigung oder starker Schlafgestörtheit in das Grundmodell führte dazu, dass kein Zusammenhang zwischen Fluglärm und dem Risiko für eine inzidente Angststörung

mehr zu beobachten war. Dieser Fund weist darauf hin, dass der Einfluss der Aufwachreaktionen auf eine Depression bzw. Angststörung über eine Belästigungsreaktion bzw. eine Schlafstörung vermittelt werden könnte (gewissermaßen als pathophysiologischer „Zwischenschritt“).

In der ursprünglichen Auswertung der NORAH-Studie zu Krankheitsrisiken im Fallkontroll-Ansatz hatte sich eine umgekehrt U-förmige Verlaufskurve für das fluglärmbezogene Depressionsrisiko gezeigt. Um einem möglichen „*Healthy-Resident*“-Effekt nachzugehen – demzufolge hoch verkehrslärm-exponierte Personen mit einer beginnenden psychischen Beeinträchtigung häufiger in weniger lärm-belastete Gebiete umziehen könnten –, wurde im Rahmen der LIFE-Studie das Umzugsverhalten analysiert. Etwa 15% der Teilnehmenden gaben an, zwischen der ersten und zweiten Befragung umgezogen zu sein. Personen mit einer affektiven psychischen Störung (Depression oder Angststörung) zum Zeitpunkt der Baseline-Untersuchung zogen in den 5 Jahren Follow-up-Zeit häufiger um, es fand sich kein Hinweis darauf, dass Personen mit einer Depression oder Angststörung häufiger in leisere Gebiete umziehen als Personen ohne entsprechende Störung. Damit lässt sich die Hypothese eines „*Healthy-Resident*-Effekts“ durch die Ergebnisse der LIFE-Kohortenstudie nicht stützen.

Die Belastungen durch die Folgen der Coronapandemie und die damit verbundenen Einschränkungen (z.B. durch soziale Isolation) können mit einem Depressionsrisiko bzw. mit einem Angststörungs-Risiko verbunden sein. Da die Follow-up-Befragung zu Zeitpunkten mit unterschiedlich starken coronabedingten Einschränkungen durchgeführt wurde, könnte dies die Ergebnisse beeinflusst haben. Um dem Einfluss der Coronapandemie in der vorliegenden Studie Rechnung zu tragen, wurde jedem Befragungsdatum der zweiten Befragung eine eingeschätzte Schwere (auf einer Skala von 0 „keine Einschränkungen“ bis 5 „starke Einschränkungen“) der zur Eindämmung der Coronapandemie getroffenen Maßnahmen zugeordnet. Deskriptiv zeigten sich keine Unterschiede zwischen Personen mit und ohne psychische Störungen in Bezug auf den Befragungszeitpunkt.

Um einen Einfluss der Pandemie auf die Beziehung zwischen Verkehrslärm und psychischen Störungen zu untersuchen, wurden die Einschränkungen durch Corona zusätzlich mit in das Grundmodell aufgenommen. Als Resultat zeigten sich vergleichbare Ergebnisse wie im Grundmodell. Somit findet sich kein Hinweis auf eine Verzerrung der Ergebnisse durch psychische Beeinträchtigungen infolge der Coronapandemie.

Das erhöhte Risiko von Depressionen und Angststörungen bei Exposition gegenüber Straßenverkehrslärm konnte somit auf der Grundlage der Follow-up-Befragung der LIFE-Probanden nach 5 Jahren nicht bestätigt werden. Für den Schienenverkehrslärm zeigten sich bei mindestens 3 nächtlichen Aufwachreaktionen durch Eisenbahnlärm erhöhte Risiken für eine Angststörung (und weniger ausgeprägt für eine Depression). Daneben fanden sich auch Hinweise auf erhöhte Risiken für Depressionen und Angststörungen in Abhängigkeit vom Straßenbahnlärm (insbesondere in mittleren Pegelkategorien). Insgesamt waren insbesondere Personen ohne Lärmschutzmaßnahmen betroffen. Für Fluglärm zeichnete sich bei sehr geringen Fallzahlen ein positiver Zusammenhang zwischen dem Risiko einer Angststörung und der Fluglärmbelastung in der Nacht (L_{Night}) ab. Es gibt keine Hinweise auf einen schwerwiegenden Einfluss der Coronapandemie auf die Ergebnisse.

Belästigung und Schlafgestörtheit beim Follow-up

Insgesamt fühlten sich 9,4% der Teilnehmenden durch Straßenverkehrslärm, 3,8% durch Schienenverkehrslärm und 3,7% durch Fluglärm hoch belästigt. Für alle Verkehrslärmquellen ließ sich der Risikoanstieg bei steigenden Lärmpegeln mit Angabe von Odd Ratios (OR) quantifizieren. Der Risikoanstieg war am deutlichsten für die Fluglärmbelastung in der Nacht (L_{Night} : OR=19,71; 95% KI 11,65-33,35), die entsprechenden Risikoschätzer für Straßen- und Schienenverkehrslärmbelastung in der Nacht (L_{Night}) lauteten OR=3,71 (95% KI 2,91-4,73) bzw. OR=3,28 (95% KI 2,74-3,93). Bei getrennter Analyse der Schienenverkehrslärmquellen war der Anstieg der Belästigung beim Straßenbahnverkehrslärm etwas deutlich ausgeprägt als beim Eisenbahnlärm. Für den L_{DEN} ergaben sich insgesamt

etwas geringere Risikoanstiege. Für die Belästigung durch eisenbahnlärmbedingte Aufwachreaktionen fand sich eine positive Dosis-Wirkungsbeziehung: Das Risiko für eine hohe Belästigung stieg auf $OR=1,55$ (95% KI 1,04-2,30) bei ≥ 1 -<2 Aufwachreaktionen, $OR=3,25$ (95% KI 1,78-5,93) bei ≥ 2 -<3 Aufwachreaktionen und auf $OR=7,98$ (95% KI 3,17-10,13) bei 3 und mehr Aufwachreaktionen.

Weiterhin wurden auf Grundlage der LIFE-Daten quadratische Funktionen zur Ermittlung des Anteils hoch Belästigter bei gegebener Verkehrslärmbelastung erstellt. Der Anteil der hoch Belästigten errechnet sich demgemäß als 31% bei einem L_{DEN} von 75 dB Straßenverkehrslärm und 34% bei einem L_{DEN} von 75 dB Schienenverkehrslärm. Für Fluglärm ergibt sich bereits bei einem L_{DEN} von 55 dB ein Anteil von 51% hoch belästigter Personen. Im Vergleich mit den publizierten Kurven aus dem WHO-Review zu Belästigung durch Verkehrslärm (Guski et al. 2017) zeigte sich Folgendes: Die Expositions-Wirkungskurven lagen für Straßen- und Schienenverkehrslärm unter denen des WHO-Reviews, für den Fluglärm deutlich darüber.

Beim Follow-up fühlten sich etwa 2,7% der Befragten durch Straßenverkehrslärm, 1,4% durch Schienenverkehrslärm und 2,0% durch Fluglärm hochgradig schlafgestört. Personen, die hochgradig schlafgestört aufgrund von Verkehrslärm waren, fühlten sich häufig auch die entsprechende Verkehrslärmquelle belästigt. Es zeigten sich deutliche Zusammenhänge zwischen selbstberichteter Schlafgestörtheit und Verkehrslärmexposition. Dabei zeigte sich der deutlichste Zusammenhang für starke Schlafgestörtheit durch Fluglärmbelastung in der Nacht zwischen 22 und 6 Uhr ($OR=19,66$; 95% KI 11,47-33,71 pro 10 dB). Für Straßen- und Schienenverkehrslärm betrug die Risikoschätzung für die Belastung in der Nacht (L_{Night} : $OR=2,86$; 95% KI 1,92-4,28 bzw. $OR=2,68$; 95% KI 1,92-4,28 pro 10 dB). Bei getrennter Betrachtung ergaben sich etwas höhere Risiken für den Straßenbahnverkehrslärm ($OR=2,35$; 95% KI 1,83-3,01) im Vergleich zum Eisenbahnverkehrslärm ($OR=1,61$; 95% KI 1,18-2,21) pro 10 dB. Auch das Risiko für Schlafgestörtheit nahm mit der Anzahl der eisenbahnlärmbedingten Aufwachreaktionen zu: ≥ 1 -<2 Aufwachreaktionen: $OR=1,25$ (95% KI 0,65-2,41), ≥ 2 -<3 Aufwachreaktionen: $OR=2,96$ (95% KI 1,16-7,56) und 3 und mehr Aufwachreaktionen: $OR=5,59$ (95% KI 1,29-24,31).

Es wurden quadratische Funktionen für den Anteil der hochgradig Schlafgestörten bei gegebener Verkehrslärmexposition erstellt. Bei 65 dB L_{Night} Straßenverkehrslärm errechnet sich ein Anteil von 8% hochgradig Schlafgestörter, bei 65 dB Schienenverkehrslärm ein Anteil von 11% hochgradig Schlafgestörter. Für 55 dB L_{Night} Fluglärm errechnet sich ein Anteil von 42% hochgradig schlafgestörter Personen.

Für den Straßenverkehrslärm ist die erstellte Verlaufskurve mit der Verlaufskurve des WHO-Reviews von Basner und McGuire (2018) vergleichbar. Beim Schienenverkehrslärm ist der Anteil der hochgradig Schlafgestörten gemäß LIFE-Studie deutlich geringer als gemäß WHO-Review. Beim Fluglärm liegt der errechnete Anteil der hochgradig Schlafgestörten deutlich höher als gemäß WHO-Review.

4.4 Einordnung der Ergebnisse des Projektvorhabens „Lärm und Psyche“ und Schlussbemerkung

Im vorliegenden Projektvorhaben finden unterschiedliche methodische Ansätze Verwendung (systematischer Review, vertiefende Analyse der im Rhein-Main-Gebiet durchgeführten NORAH-Studie zu Krankheitsrisiken im Kohortenansatz, Analyse der Leipziger LIFE-Baseline-Untersuchung im Querschnittsansatz sowie der LIFE-Follow-up-Untersuchung im Kohortenansatz). Mit diesem „Multi-Methoden-Ansatz“ wurde der Einfluss von Verkehrslärm auf das Auftreten von psychischen Erkrankungen (insbesondere Depressionen und Angststörungen) untersucht.

Der systematische Review liefert Hinweise auf ein erhöhtes Risiko für Verhaltensauffälligkeiten bei Kindern durch Straßenverkehrslärm und auf ein erhöhtes Depressionsrisiko von Erwachsenen bei Exposition gegenüber Fluglärm, weniger ausgeprägt auch bei Exposition gegenüber Straßenverkehrslärm. Der systematische Review macht erhebliche Forschungslücken zum Thema „Lärm und Psyche“ deutlich, zu deren Schließung die beiden empirischen Projektteile beitragen.

Die in der NORAH-Studie zu Krankheitsrisiken bereits im Fallkontroll-Ansatz gefundenen deutlich erhöhten Depressionsrisiken bei Exposition gegenüber Straßenverkehrslärm, Schienenverkehrslärm- und Fluglärm (Seidler et al. 2017) können in der vertiefenden Auswertung dieser Studie im Kohortenansatz bestätigt werden. Daneben ergibt die vertiefende Analyse der NORAH-Studie zu Krankheitsrisiken auch einen positiven Zusammenhang zwischen allen drei Verkehrslärmarten und dem Auftreten einer Angststörung.

In der LIFE-Kohortenstudie wurde zunächst der Zusammenhang zwischen den drei Verkehrslärmarten und dem Vorliegen einer Depression bzw. Angststörung im Querschnittsansatz untersucht, anschließend wurden im Kohortenansatz relative Risiken (Inzidenzraten-Ratios) für das Auftreten einer inzidenten Depression oder Angststörung zum 5-Jahres-Follow-up analysiert. Die ermittelten Risikoschätzer sind für Depressionen und Angststörungen überwiegend vergleichbar hoch, teilweise für Angststörungen noch geringfügig höher. Es finden sich erhöhte Krankheitsrisiken in Abhängigkeit vom Straßenverkehrslärm (statistisch nicht signifikant; nur bei Analyse der Baseline-Erhebung), Schienenverkehrslärm (insbesondere bei Analyse der Baseline-Erhebung; stärker ausgeprägt beim Straßenbahnlärm als beim Eisenbahnlärm) und Fluglärm (nur bei Analyse der Follow-up-Erhebung; basierend auf sehr geringen Fallzahlen). Drei und mehr bahnlärmbezogene Aufwachreaktionen sind mit einem deutlich erhöhten (in etwa verdoppelten) Risiko für Depressionen bzw. Angststörungen verbunden. Die ermittelten Verlaufskurven zum Anteil hoch belastigter bzw. hochgradig schlafgestörter Personen liegen beim Bahnlärm tendenziell unter den entsprechenden WHO-Kurven, beim Fluglärm tendenziell darüber.

Auf folgende Stärken des vorliegenden Projektvorhabens ist hinzuweisen:

1. *Multi-Methoden-Ansatz*: Bei Verwendung unterschiedlicher methodischer Ansätze (systematischer Review und zwei verschiedene epidemiologische Primärstudien) mit Ansiedlung der Primärstudien in unterschiedlichen Regionen (Rhein-Main-Gebiet in der NORAH-Studie zu Krankheitsrisiken, Stadt Leipzig in der LIFE-Kohortenstudie) lassen sich grundsätzlich vergleichbare Ergebnissen erzielen. Dies unterstreicht die Stabilität und die Verallgemeinerbarkeit der Ergebnisse.

2. *Abklärung eines möglichen „Healthy Resident“-Effektes*: In der ursprünglich im Fallkontroll-Ansatz analysierten NORAH-Studie zu Krankheitsrisiken fand sich ein deutlicher umgekehrt U-förmiger Verlauf des fluglärmbezogenen Depressionsrisikos (Seidler et al. 2017). Dieser U-förmige Verlauf schwächte sich ab, wenn nur Personen mit bekanntem individuellem Sozialstatus in die Analyse einbezogen wurden. In der vorliegenden vertiefenden Analyse der NORAH-Studie zu Krankheitsrisiken im Kohortenansatz geht dieser umgekehrt U-förmige Risikoverlauf weiter zurück. Seidler et al. 2017 hatten seinerzeit als möglichen Erklärungsansatz für ein Absinken des Depressionsrisikos bei hohen Fluglärmexpositionen auf einen eventuellen „Healthy-Resident“-Effekt hingewiesen: Personen mit einer (beginnenden) psychischen Beeinträchtigung könnten möglicherweise häufiger in lärmärmere Wohnlagen umziehen als Personen ohne eine solche Beeinträchtigung. In einer aufwendigen Analyse wird im vorliegenden Projekt auf der Grundlage der LIFE-Kohortenstudie das Umzugsverhalten in Abhängigkeit von dem Vorliegen einer depressiven Störung oder Angststörung untersucht. Im Ergebnis kann die Hypothese eine „Healthy-Resident“-Effektes nicht bestätigt werden.

3. *Ermittlung der akustischen Maßzahlen*: Es wird für den Straßenverkehr nicht nur die Lärmbelastung an Hauptstraßen ermittelt, daneben werden auch präzise Lärmabschätzungen für Nebenstraßen vorgenommen. Die Lärmpegel für den Schienenverkehr werden insgesamt und zusätzlich getrennt für

Straßenverkehrslärm und Schienenverkehrslärm in ihrem Zusammenhang mit Depressionen und Angststörungen analysiert. Über Mittelungspegel hinaus finden Maximalpegel und daraus abgeleitete Aufwachreaktionen für Schienenlärm und Fluglärm Verwendung.

4. *Ermittlung der Krankheits-Outcomes*: In dem systematischen Review werden nur Studien einbezogen, denen validierte Instrumente zur Outcome-Bestimmung zugrunde liegen. Die NORAH-Studie zu Krankheitsrisiken basiert auf ärztlichen ICD-10-Diagnosen, die LIFE-Kohortenstudie auf dem Einsatz anerkannter validierter Befragungsinstrumente (u.a. CES-D und GAD-7). Der Fund grundsätzlich vergleichbarer Ergebnisse beim Einsatz unterschiedlicher diagnostischer Instrumente unterstreicht wiederum die Stabilität und Verallgemeinerbarkeit der Ergebnisse.

5. *Vermeidung eines unerkannten und residuellen Confoundings*: In beiden einbezogenen Primärstudien werden besondere Anstrengungen zur Vermeidung eines unerkannten und residuellen Confoundings unternommen. Für die NORAH-Studie zu Krankheitsrisiken wird eine Stichprobe von Versicherten vertiefend analysiert, die im Rahmen der NORAH-Studie zu Krankheitsrisiken einen ausführlichen Fragebogen ausgefüllt hat. Auf dieser Grundlage lassen sich zusätzlich zu den in der Basisanalyse berücksichtigten Confoundern (Alter, Geschlecht, Urbanität und grob abgeschätzter sozioökonomischer Status) weitere Lifestyle-Faktoren und ein differenziert ermittelter sozioökonomischer Status in der Analyse berücksichtigen. Im Ergebnis spricht die fehlende wesentliche Veränderung der Risikoschätzer gegen ein substantielles unerkanntes Confounding durch Lifestyle-Faktoren und gegen ein residuelles Confounding durch den Sozialstatus in der sekundärdatenbasierten NORAH-Studie zu Krankheitsrisiken.

In der vorgelegten verkehrslärmbezogenen Basisauswertung der LIFE-Studie werden Alter, Geschlecht und sozioökonomischer Status als Confounder berücksichtigt. Im sogenannten „Direkte-Effekte-Modell“ werden zusätzlich der Body Mass-Index (BMI), Traumata in der Kindheit, körperliche Aktivität, Feinstaub (PM₁₀) und Stickoxide (NO₂) in den Regressionsmodellen berücksichtigt. Die letztgenannten beiden Variablen (Feinstaub und Stickoxide) werden im Rahmen des vorliegenden Projektvorhabens für alle LIFE-Studienprobanden adressgenau ermittelt. Das Direkte-Effekte-Modell soll die unmittelbaren – „direkten“ – Effekte des Verkehrslärms auf die Entstehung einer Erkrankung abschätzen. Sofern beispielsweise eine Lärmexposition zu einer verringerten körperlichen Aktivität (beispielsweise, weil das Ausüben sportlicher Aktivitäten aufgrund der lauten Wohnumgebung als unangenehm empfunden wird) oder zu einem erhöhten Körpergewicht (beispielsweise vermittelt über Stresshormone) führen sollte, würden diese indirekten Lärmeffekte im Direkte-Effekte-Modell gewissermaßen herausgerechnet. Insofern ist es erklärlich, dass die straßen- und schienenverkehrslärmbezogenen Risikoschätzer des Direkte-Effekte-Modells gegenüber dem Grundmodell teilweise etwas geringer ausfallen. Insgesamt lassen sich aber mit diesem erweiterten Confoundersset die Ergebnisse des Grundmodells der LIFE-Studie bestätigen.

6. *Berücksichtigung einer möglichen Beeinflussung der Studienergebnisse durch Coronapandemie-bedingte Einschränkungen*: Die Belastungen durch die Folgen der Coronapandemie und die damit verbundenen Einschränkungen (z.B. durch soziale Isolation) können mit einem Depressionsrisiko bzw. mit einem Angststörungs-Risiko verbunden sein (Robinson et al. 2022). Da die Follow-up-Befragung zu Zeitpunkten mit unterschiedlich starken Coronapandemie-bedingten Einschränkungen durchgeführt wurde, könnte dies grundsätzlich die Ergebnisse beeinflussen. Weiterhin war infolge der Coronapandemie-bedingten Einschränkungen auch eine Änderung in der Mobilität der Leipziger und Leipzigerinnen während der Pandemie zu beobachten. Um dem Einfluss der Coronapandemie in der vorliegenden Studie Rechnung zu tragen, wurde in einer Sensitivitätsanalyse jedem Befragungsdatum der Follow-up-Befragung eine eingeschätzte Schwere der zur Eindämmung der Coronapandemie getroffenen Maßnahmen zugeordnet. Wenn die so gebildete Variable in die Analysemodelle einbezogen wird, ergeben sich keine nennenswerten Änderungen der Ergebnisse. Eine nennenswerte Beeinflussung der Studienergebnisse durch Coronapandemie-bedingte Einschränkungen lässt sich somit ausschließen.

Auf folgende Limitationen der vorgelegten Projektergebnisse ist einzugehen:

1. *Mögliche Selektionsverzerrung aufgrund des hohen Loss-to-Follow-up in der LIFE-Kohortenstudie:* Etwa 43% der Teilnehmenden an der LIFE-Basiserhebung nahmen nicht an der Follow-up-Erhebung 5 Jahre später teil. Nichtteilnehmende an der Follow-up-Erhebung waren im Vergleich zu Teilnehmenden deutlich jünger, sie waren durch einen niedrigeren sozioökonomischen Status charakterisiert, sie litten zum Zeitpunkt der Basiserhebung häufiger an einer Depression bzw. Angststörung, und sie hatten im Mittel auch eine höhere Belastung durch Straßen- und Schienenverkehrslärm. Bei einem hohen Loss-to-Follow up könnten auch viele Personen mit einer neu aufgetretenen Depression oder Angststörung nicht an der Follow-up-Erhebung teilgenommen haben. Insbesondere wenn sich die Teilnahme bzw. fehlende Teilnahme von neu Erkrankten zwischen Verkehrslärm-Exponierten und Nicht-Exponierten unterscheidet, kann eine Verzerrung der Studienergebnisse die Folge sein. Es ist davon auszugehen, dass der relativ hohe Loss-to-Follow-up-Anteil in der LIFE-Kohortenstudie wesentlich auf die erheblich erschwerten Studienbedingungen während der Coronapandemie zurückzuführen ist. Auch diesbezüglich erscheint eine Wiederholung der Auswertungen für den 10-Jahres-Follow-up (bei dann sicherlich zu erreichendem geringerem Loss-to-Follow-up) sinnvoll.

2. *Eingeschränkte Aussagekraft (Studienpower) aufgrund geringer Fallzahlen insbesondere in der LIFE-Follow-up-Erhebung:* Die teilweise sehr geringen Fallzahlen insbesondere in der Follow-up-Erhebung führen zu unpräzisen Risikoabschätzungen mit breiten 95%-Konfidenzintervallen. Da bei der eingeschränkten Studienpower lediglich (sehr) deutliche Risikoerhöhungen detektiert werden können, lassen sich negative Studienergebnisse nicht ohne Weiteres interpretieren. Auch bei positiven Ergebnissen (wie etwa dem statistisch signifikanten Zusammenhang zwischen hoher Fluglärmbelastung und Depressionen bzw. Angststörungen in der Follow-up-Erhebung) ist eine zurückhaltende Interpretation erforderlich, da mit den sehr geringen Fallzahlen hohe Unsicherheiten der Risikoschätzer verbunden sind. Als Grund für die geringen Fallzahlen ist zum einen auf den vorgenannten – sicherlich zu einem erheblichen Anteil coronabedingten – hohen Loss-to-Follow-up hinzuweisen. Weiterhin stellt die LIFE-Kohorte mit einer bisherigen Kohortenlaufzeit von lediglich 5 Jahren eine vergleichsweise „junge“ Kohorte dar. Es ist bekannt, dass aufgrund einer Eingangsselektion vergleichsweise gesunder Probanden in eine neu etablierte Kohorte in den ersten Jahren nach Kohortenbeginn weniger Krankheitsfälle eintreten als auf der Grundlage der Alters- und Geschlechtsverteilung zu erwarten wäre. Dieses Phänomen könnte zu den geringen beobachteten Fallzahlen in der LIFE-Kohortenstudie beigetragen haben. Außerdem gibt es Hinweise auf eine im Vergleich mit anderen Bundesländern vergleichsweise geringere Depressions-Inzidenz in Sachsen (Thom et al. 2017). Sinnvoll erscheint vor dem Hintergrund der geringen Fallzahlen eine Wiederholung der Auswertungen für den 10-Jahres-Follow-up (bei dann zu erwartenden höheren Fallzahlen).

3. *Mögliches unerkanntes Confounding durch die fehlende Berücksichtigung von Luftschadstoffen in der vertiefenden Auswertung der NORAH-Studie zu Krankheitsrisiken:* Auch die Exposition gegenüber Luftschadstoffen wird mit einem erhöhten Depressionsrisiko in Verbindung gebracht (Kim et al. 2016, Pun et al. 2017, Tvizian et al. 2015). Insofern könnte sich grundsätzlich zumindest ein Teil des auf den Verkehrslärm zurückgeführten Risikoanstiegs auf eine – besondere mit dem Straßenverkehrslärm eng verbundene – Luftschadstoffbelastung zurückführen lassen. Allerdings ist kaum bzw. deutlich weniger von einem Zusammenhang von Bahn- bzw. Fluglärm mit Luftschadstoffen auszugehen; dies dürfte die Bedeutung von Luftschadstoffen als Confounder für Verkehrslärmwirkungen relativieren (Seidler et al. 2017). Weiterhin konnte in einer aktuellen Arbeit zumindest für die verkehrslärmbezogenen Herz-Kreislauf-Risiken gezeigt werden (Hopf 2021), dass die fehlende Berücksichtigung von Luftschadstoffen als potenziellen Confoundern in den bisher veröffentlichten Studien nicht zu einer Überschätzung der Risiken geführt hat. Die vorgenannte Arbeit bezieht auch verkehrslärmbezogene Depressionsrisiken mit ein, hier erlaubt allerdings die eingeschränkte Studienlage keine belastbare Aussage. Wenn in der hier vorgelegten Analyse der LIFE-Studie Luftschadstoffe als zusätzliche Variablen

in die Regressionsmodelle einbezogen werden, führt das zu keiner wesentlichen Änderung der Risikoschätzer. Diese Beobachtung spricht dagegen, Luftschadstoffe als essenzielle Confounder bei der Analyse der psychischen Auswirkungen von Verkehrslärm anzusehen.

In der Gesamtschau liefern die Ergebnisse des vorliegenden Projektvorhabens neue Evidenz für eine psychische Beeinträchtigung – insbesondere für ein erhöhtes Depressions- und Angststörungsrisiko – durch Verkehrslärm. Als mögliche pathophysiologische Erklärung ist einerseits auf die unmittelbaren psychischen Auswirkungen von erhöhtem Stress und auf die damit verbundenen vermehrten Ausschüttungen von Stresshormonen (z.B. Adrenalin und Cortisol) hinzuweisen. Daneben kann – vermittelt über eine lärmbedingte hohe Belästigung – indirekt Stress hervorgerufen werden und auf längere Sicht zu psychischen Beeinträchtigungen führen. Schließlich führt Verkehrslärm zu starken Schlafstörungen, und diese stellen wiederum ein Risiko für Depressionen und andere psychische Erkrankungen dar (Seidler et al. 2017). Für eine „vermittelnde“ (mediierende) Bedeutung von hoher Belästigung und starken Schlafstörungen auf dem pathophysiologischen Wirkpfad vom Verkehrslärm zur Depression bzw. Angststörung spricht, dass bei Aufnahme von Belästigung bzw. Schlafstörungen in die Regressionsmodelle sich die Risikoschätzer deutlich verringern bzw. dass die Risiken teilweise gänzlich verschwinden.

Als wichtiges Ergebnis ist festzuhalten, dass die vor einigen Jahren hypothetisch gesetzte Schwelle von 3 bahnlärmbedingten Aufwachreaktionen (Möhler et al. 2017, 2018) mit diesen Projektergebnissen erstmalig eine empirische Bestätigung erfährt: Ab 3 Aufwachreaktionen findet sich ein deutlich (auf etwa das Doppelte) erhöhtes Depressions- und Angststörungsrisiko. Allerdings lässt sich auf Grundlage der Studie nicht feststellen, ab welcher genauen Zahl von Aufwachreaktionen unterhalb von 3 das Depressionsrisiko bzw. das Risiko für eine Angststörung deutlich erhöht ist. Diesbezüglich ist auf die eingeschränkte Studienpower und die damit verbundenen groben Kategorien und breiten Konfidenzintervalle hinzuweisen. Weitere Untersuchungen sind erforderlich um festzustellen, ob es bei den Aufwachreaktionen eine echte Schwelle (möglicherweise deutlich unterhalb von 3 Aufwachreaktionen) gibt, ab der sich ein substanzieller Anstieg des Risikos für psychische Erkrankungen findet.

Ein weiteres wichtiges Ergebnis ist in den ermittelten Kurven zum Anteil hoch Belästigter und hochgradig Schlafgestörter durch die drei unterschiedlichen Verkehrslärmarten zu sehen. Die vorgelegten Verlaufskurven zum Anteil hoch belästigter bzw. hochgradig schlafgestörter Personen liegen beim Bahnlärm tendenziell unter den entsprechenden WHO-Kurven (Basner & McGuire 2018; Guski et al. 2017), beim Fluglärm tendenziell darüber. Diese Unterschiede zu den genannten WHO-Kurven könnten auf eine zunehmende Belästigungswirkung insbesondere von Fluglärm im zeitlichen Verlauf hinweisen.

Angesichts der gefundenen psychischen Auswirkungen von Verkehrslärm sollten sich verstärkte präventive Anstrengungen auf alle drei Verkehrslärmarten (einschließlich des Straßenbahnlärms) richten. Zur weiteren Analyse von veränderten psychischen Auswirkungen von Verkehrslärm (u.a. auf Belästigung und Schlafstörung) sollten die vorgelegten Untersuchungen in einigen Jahren wiederholt werden. Eine mögliche Analyse des 10-Jahres-Follow-up der LIFE-Kohortenstudie verspricht hier weitere wichtige Erkenntnisse.

5 Quellenverzeichnis

- Abner, E. L., Jicha, G. A., Christian, W. J., & Schreurs, B. G. (2016). Rural-Urban Differences in Alzheimer's Disease and Related Disorders Diagnostic Prevalence in Kentucky and West Virginia. *Journal of Rural Health* 32(3): 314-320. doi: 10.1111/jrh.12155
- ADV (2021): ADV-Monatsstatistik 12/2020. Online im Internet: <https://www.adv.aero/wp-content/uploads/2015/11/12.2020-ADV-Monatsstatistik-1.pdf>, zuletzt abgerufen am 23.03.2022.
- Andersson, J., Oudin, A., Sundström, A., Forsberg, B., Adolfsson, R., & Nordin, M. (2018). Road traffic noise, air pollution, and risk of dementia—results from the Betula project. *Environmental Research*, 166, 334-339. doi: 10.1016/j.envres.2018.06.008
- Augustin, F. (2017). Der Zusammenhang des umweltbedingten Fluglärms mit Schlafstörungen und psychischen Störungen - ein systematischer Review. Public Health/Gesundheitswissenschaften (Master) Masterarbeit, TU Dresden.
- AWMF (2016). S3-Leitlinie" Demenzen. https://www.dgppn.de/_Resources/Persistent/ade50e44afc7eb8024e7f65ed3f44e995583c3a0/S3-LL-Demenzen-240116.pdf
- Basner, M., Isermann, U., Samel, A. (2005). Die Ergebnisse der DLR-Studie und ihre Umsetzung in einer laermmmedizinischen Beurteilung für ein Nachtschutzkonzept. *Zeitschrift fuer Laermbekaempfung* 52: 109–123. [https://www.dlr.de/me/PortalData/25/Resources/dokumente/flugphysiologie/Basner_et_al_Z_Laermbekaempfung_52\(4\).pdf](https://www.dlr.de/me/PortalData/25/Resources/dokumente/flugphysiologie/Basner_et_al_Z_Laermbekaempfung_52(4).pdf)
- Basner, M., & McGuire, S. (2018). WHO environmental noise guidelines for the European region: a systematic review on environmental noise and effects on sleep. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(3), 519. doi: 10.3390/ijerph15030519
- Baudin, C., Lefèvre, M., Champelovier, P., Lambert, J., Laumon, B., & Evrard, A. S. (2018). Aircraft noise and psychological ill-health: the results of a cross-sectional study in France. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(8), 1642. doi: 10.3390/ijerph15081642
- Baumgart, M., Snyder, H. M., Carrillo, M. C., Fazio, S., Kim, H., & Johns, H. (2015). Summary of the evidence on modifiable risk factors for cognitive decline and dementia: A population-based perspective. *Alzheimers Dementia* 11(6): 718-726. doi: 10.1016/j.jalz.2015.05.016
- Becker, T. (2016). Die Strategische Lärmkarte im städtischen Raum – Bildet die alleinige Berücksichtigung von Hauptverkehrsstraßen die Realität angemessen ab? Vortrag an den 25. Verkehrswissenschaftlichen Tagen der TU Dresden, Dresden, März 2016
- Belojevic, G., Evans, G. W., Paunovic, K., & Jakovljevic, B. (2012). Traffic noise and executive functioning in urban primary school children: The moderating role of gender. *Journal of Environmental Psychology*, 32(4), 337-341. doi: 10.1016/j.jenvp.2012.05.005
- Bernstein, D. P., Ahluvalia, T., Pogge, D., & Handelsman, L. (1997). Validity of the Childhood Trauma Questionnaire in an adolescent psychiatric population. *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry* 36(3):340-8. doi: 10.1097/00004583-199703000-00012
- Beutel, M.E., Jünger, C., Klein, E.M., Wild, P., Lackner, K., Blettner, M., Binder, H., Michal, M., Wiltink, J., Brähler, E., & Münzel, T. (2016). Noise Annoyance Is Associated with Depression and Anxiety in the General Population- The Contribution of Aircraft Noise. *PLoS ONE* 11: e0155357. doi: 10.1371/journal.pone.0155357
- Blanco, C., Rubio, J., Wall, M., Wang, S., Jiu, C. J., & Kendler, K. S. (2014). Risk factors for anxiety disorders: common and specific effects in a national sample. *Depress Anxiety*, 31(9): 756-764. doi: 10.1002/da.22247

- Blossfeld, H.-P. (1985). *Bildungsexpansion und Berufschancen: empirische Analysen zur Lage der Berufsanfänger in der Bundesrepublik*. Diss. Campus-Verlag. <https://fis.uni-bamberg.de/handle/uniba/37155>
- Bocquier, A., Cortaredona, S., Boutin, C., David, A., Bigot, A., Sciortino, V., Nauleua, S., Gaudart, J., Giorgi, R., & Verger, P. (2013). Is exposure to night-time traffic noise a risk factor for purchase of anxiolytic-hypnotic medication? A cohort study. *The European Journal of Public Health* 24(2): 298-303. doi: 10.1093/eurpub/ckt117
- Boden, J. M., & Fergusson, D. M. (2011). Alcohol and depression. *Addiction* 106(5): 906-914. doi: 10.1111/j.1360-0443.2010.03351.x
- Bohlken, J., & Kostev, K. (2018). Diagnose-und Ordnungsverhalten von Haus-und Fachärzten bei Patienten mit Demenz 2005 und 2015 in Deutschland. *Psychiatrische Praxis*, 45(03): 154-159. doi: 10.1055/s-0043-110032
- Braithwaite, I., Zhang, S., Kirkbride, J. B., Osborn, D. P., & Hayes, J. F. (2019). Air Pollution (Particulate Matter) Exposure and Associations with Depression, Anxiety, Bipolar, Psychosis and Suicide Risk: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Environmental Health Perspectives*, 127(12), 126002. doi: 10.1289/EHP4595
- Brink, M., Lercher, P., Eisenmann, A., Schierz, C. (2008). Influence of slope of rise and event order of aircraft noise events on high resolution actimetry parameters. *Somnologie* 12: 118–128. doi: 10.1007/s11818-008-0345-9
- Brink, M., Schaffer B, Pieren R, and Wunderli JM. (2018). Conversion between noise exposure indicators Leq24h, LDay, LEvening, LNight, Ldn and Lden: Principles and practical guidance. *Int J Hyg Environ Health* 221 (1):54-63. doi: 10.1016/j.ijheh.2017.10.003
- Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz. Sechzehnte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes. Abgerufen am 30.8.2018. https://www.gesetze-im-internet.de/bimschv_16/
- Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz (2016). Vorläufige Berechnungsmethode für den Umgebungslärm an Schienenwegen. *Bundesanzeiger* 58: 154a: Anlage 2. https://www.umwelt-bundesamt.de/sites/default/files/medien/1/dokumente/bundesanzeiger_154a.pdf
- Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (2014): *Verkehr in Zahlen 2014/2015*. Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (Hrsg.), September 2014. <https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Artikel/K/verkehr-in-zahlen.html>
- Buoli, M., Grassi, S., Caldiroli, A., Carnevali, G. S., Mucci, F., Iodice, S., ... & Bollati, V. (2018). Is there a link between air pollution and mental disorders?. *Environment International* 118: 154-168. doi: 10.1016/j.envint.2018.05.044
- Busch, M. A., Maske, U. E., Ryl, L., Schlack, R., & Hapke, U. (2013). Prävalenz von depressiver Symptomatik und diagnostizierter Depression bei Erwachsenen in Deutschland. *Bundesgesundheitsblatt-Gesundheitsforschung-Gesundheitsschutz* 56(5-6): 733-739. doi: 10.1007/s00103-013-1688-3
- Bush, K., D. R. Kivlahan, M. B. McDonell, S. D. Fihn and K. A. Bradley (1998). The AUDIT alcohol consumption questions (AUDIT-C): an effective brief screening test for problem drinking. *Ambulatory Care Quality Improvement Project (ACQUIP). Alcohol Use Disorders Identification Test. Archives of Internal Medicine* 158(16): 1789-1795. doi: 10.1001/archinte.158.16.1789
- Carey, I. M., Anderson, H. R., Atkinson, R. W., Beevers, S. D., Cook, D. G., Strachan, D. P., ... & Kelly, F. J. (2018). Are noise and air pollution related to the incidence of dementia? A cohort study in London, England. *BMJ Open*, 8(9), e022404. doi: 10.1136/bmjopen-2018-022404

- CASP (Critical Appraisal Skills Programme of the British NHS Appraisal Tools) (2008). URL <https://cas-p-uk.net/casp-tools-checklists/>
- Clark, C., Crombie, R., Head, J., Van Kamp, I., Van Kempen, E., & Stansfeld, S. A. (2012). Does traffic-related air pollution explain associations of aircraft and road traffic noise exposure on children's health and cognition? A secondary analysis of the United Kingdom sample from the RANCH project. *American Journal of Epidemiology*, 176(4), 327-337. doi: 10.1093/aje/kws012
- Clark, C., Head, J., & Stansfeld, S. A. (2013). Longitudinal effects of aircraft noise exposure on children's health and cognition: a six-year follow-up of the UK RANCH cohort. *Journal of Environmental Psychology* 35: 1-9. doi: 10.1016/j.jenvp.2013.03.002
- Cole, M. G., & Dendukuri, N. (2003). Risk factors for depression among elderly community subjects: a systematic review and meta-analysis. *American Journal of Psychiatry* 160(6): 1147-1156. doi: 10.1176/appi.ajp.160.6.1147
- Craig, C. L., Marshall, A. L., Sjöström, M., Bauman, A. E., Booth, M.L., Ainsworth, B. E., Pratt, M., Ekelund, U., Yngve, A., Sallis, J., & Oja, P. (2003). International physical activity questionnaire: 12-country reliability and validity. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 35:1381-1395. doi: 10.1249/01.MSS.0000078924.61453.FB
- Crombie, R., Clark, C., & Stansfeld, S. A. (2011). Environmental noise exposure, early biological risk and mental health in nine to ten year old children: a cross-sectional field study. *Environmental Health* 10(1): 39. doi: 10.1186/1476-069X-10-39
- Cui, B., Zhu, L., She, X., Wu, M., Ma, Q., Wang, T., Zhang, N., Chuanxiang, X., Chen, X., An, G., & Liu, H. (2012). Chronic noise exposure causes persistence of tau hyperphosphorylation and formation of NFT tau in the rat hippocampus and prefrontal cortex. *Experimental Neurology* 238(2): 122-129. doi: 10.1016/j.expneurol.2012.08.028
- Cui, B., & Li, K. (2013). Chronic noise exposure and Alzheimer risk: Is there an etiological association? *Medical Hypotheses* 81: 623-626. doi: 10.1016/j.mehy.2013.07.017
- de Graaf, R., Bijl, R. V., Smit, F., Vollebergh, W. A., & Spijker, J. (2002). Risk factors for 12-month comorbidity of mood, anxiety, and substance use disorders: findings from the Netherlands Mental Health Survey and Incidence Study. *American Journal of Psychiatry* 159(4): 620-629. doi: 10.1176/appi.ajp.159.4.620
- de Prado Bert, P., Mercader, E. M. H., Pujol, J., Sunyer, J., & Mortamais, M. (2018). The Effects of Air Pollution on the Brain: a Review of Studies Interfacing Environmental Epidemiology and Neuroimaging. *Current environmental Health Reports* 1-14. doi: 10.1007/s40572-018-0209-9
- Deckers, K., van Boxtel, M. P., Schiepers, O. J., de Vugt, M., Munoz Sanchez, J. L., Anstey, K. J., Brayne, C., Dartigues, J. F., Engedal, K., Kivipelto, M., Ritchie, K., Starr, J. M., Yaffe, K., Irving, K., Verhey, F. R., & Kohler, S. (2015). Target risk factors for dementia prevention: a systematic review and Delphi consensus study on the evidence from observational studies. *International Journal of Geriatric Psychiatry* 30(3): 234-246. doi: 10.1002/gps.4245
- Deutsche Gesellschaft für Epidemiologie. (2018). Leitlinien und Empfehlungen zur Sicherung von Guter Eopidemiologischer Praxis. https://www.dgepi.de/assets/Leitlinien-und-Empfehlungen/66777155c7/Leitlinien_fuer_Gute_Epidemiologische_Praxis_GEP_vom_September_2018.pdf
- Delgado-Rodriguez M., & Llorca J. (2004). Bias. *Journal of Epidemiology and Community Health* 58: 635-641. doi: 10.1136/jech.2003.008466

- Dimakakou, E., Johnston, H., Streftaris, G., & Cherrie, J. (2018). Exposure to Environmental and Occupational Particulate Air Pollution as a Potential Contributor to Neurodegeneration and Diabetes: A Systematic Review of Epidemiological Research. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 15(8): 1704. doi: 10.3390/ijerph15081704
- Directive EU Directive 2002/49/EC of the European Parliament and of the Council of 25 June 2002 relating to the assessment and management of environmental noise. (2002). *Official Journal of the European Communities* 18: 12–25. <http://data.europa.eu/eli/dir/2002/49/oj>
- Drössler, S., Steputat, A., Schubert, M., Günther, N., Staudte, R., Kofahl, M., Hegewald, J., & Seidler, A. (2018). Informationsüberflut durch digitale Medien am Arbeitsplatz. *Zentralblatt für Arbeitsmedizin, Arbeitsschutz und Ergonomie* 68 (2): 77-88. doi: 10.1007/s40664-018-0267-8
- Egger M., Zellweger-Zähner T., Schneider M., Junker C., Lengeler C., & Antes G. (1997). Language bias in randomised controlled trials published in English and German. *Lancet* 350: 326-329. doi: 10.1016/S0140-6736(97)02419-7
- Egger, M., & Smith, G. D. (2008). Principles of and procedures for systematic reviews, In: Egger, M., Smith, G. D., Altman, D. G. *Systematic Reviews in Health Care: Meta-Analysis in Context*. London: BMJ Books, 23-42. ISBN: 978-0-727-91488-0
- Falkai P., Wittchen H., Döpfner M., Gaebel, W., Maier, W., Saß, H. & Zaudig, M. (2015). *Diagnostische Kriterien DSM-5*. Hogrefe Verlag. 1. Auflage. Göttingen. ISBN: 9783801726003
- Floud, S., Vigna-Taglianti, F., Hansell, A., Blangiardo, M., Houthuijs, D., Breugelmans, O., Cadum, E., Babisch, W., Selander, J., Pershagen, G., Antoniotti, M.C., Pisani, S., Dimakopoulou, K., Haralabidis, A. S., Velonakis, V., & Jarup, L. (2011). HYENA Study Team. Medication use in relation to noise from aircraft and road traffic in six European countries: results of the HYENA study. *Occupational and Environmental Medicine* 68: 518-24. doi: 10.1136/oem.2010.058586
- Forns, J., Dadvand, P., Foraster, M., Alvarez-Pedrerol, M., Rivas, I., López-Vicente, M., ... & Grellier, J. (2015). Traffic-related air pollution, noise at school, and behavioral problems in Barcelona schoolchildren: a cross-sectional study. *Environmental Health Perspectives*, 124(4), 529-535. doi: 10.1289/ehp.1409449
- Fuks, K. B., Wigmann, C., Altug, H., & Schikowski, T. (2019). Road traffic noise at the residence, annoyance, and cognitive function in elderly women. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(10), 1790. doi: 10.3390/ijerph16101790
- Generaal, E., Timmermans, E. J., Dekkers, J. E., Smit, J. H., & Penninx, B. W. (2019a). Not urbanization level but socioeconomic, physical and social neighbourhood characteristics are associated with presence and severity of depressive and anxiety disorders. *Psychological medicine*, 49(1), 149-161. doi: 10.1017/S0033291718000612
- Generaal, E., Hoogendijk, E. O., Stam, M., Henke, C. E., Rutters, F., Oosterman, M., ... & Lakerveld, J. (2019). Neighbourhood characteristics and prevalence and severity of depression: pooled analysis of eight Dutch cohort studies. *The British Journal of Psychiatry*, 215(2), 468-475. doi: 10.1192/bjp.2019.100
- Glaesmer, H., Schulz, A., Häuser, W., Freyberger, H. J., Brähler, E., & Grabe, H. J. (2013). Der Childhood Trauma Screener (CTS)–Entwicklung und Validierung von Schwellenwerten zur Klassifikation. *Psychiatrische Praxis*, 40(04), 220-226. doi: 10.1055/s-0033-1343116

- Grabe, H. J., Schulz, A., Schmidt, C. O., Appel, K., Driessen, M., Wingenfeld, K., Barnow, S., Spitzer, C., John, U., Berger, K., Wersching, H., & Freyberger, H. J. (2012) [A brief instrument for the assessment of childhood abuse and neglect: the childhood trauma screener (CTS)]. *Psychiatrische Praxis* 39(3):109-15. doi: 10.1055/s-0031-1298984
- Greenland, S. (2008): Analysis of Polytomous Exposures and Outcomes. In Rothman KJ, Greenland S, & Lash TL (Hrsg.), *Modern Epidemiology* (3. Auflage) S. 303–327. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.
- Greiser, E., Greiser, C., & Janhsen, K. (2007). Night-time aircraft noise increases prevalence of prescriptions of antihypertensive and cardiovascular drugs irrespective of social class—the Cologne-Bonn Airport study. *Journal of Public Health* 15: 327-37. doi: 10.1007/s10389-007-0137-x
- Greiser, C., & Greiser, E. (2010). Risikofaktor nächtlicher Fluglärm: Abschlussbericht über eine Fall-Kontroll-Studie zu kardiovaskulären und psychischen Erkrankungen im Umfeld des Flughafens Köln-Bonn: Umweltbundesamt. ISSN 1862-4340 <https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/461/publikationen/3774.pdf>
- Greiser, E., & Glaeske, G. (2013). Soziale und ökonomische Folgen nächtlichen Fluglärms im Umfeld des Flughafens Frankfurt/Main. *Gesundheitswesen* 75(03): 127-133. doi: 10.1055/s-0033-1333785
- Griefahn, B., Schuemer-Kohrs, A., Schuemer, R., Moehler, U., Mehnert, P. (2000). Physiological, subjective, and behavioural responses to noise from rail and road traffic. *Noise & Health* 3: 59–71. <https://www.noiseandhealth.org/text.asp?2000/3/9/59/31769>
- Guolo, A., & Varin, C. (2017). Random-effects meta-analysis: the number of studies matters. *Statistical Methods in Medical Research* 26(3): 1500-1518. doi: 10.1177/0962280215583568
- Guski, R., Schreckenber, D., & Schuemer, R. (2017). WHO environmental noise guidelines for the European region: A systematic review on environmental noise and annoyance. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 14(12), 1539. doi: 10.3390/ijerph14121539
- Haines, M. M., Stansfeld, S. A., Brentnall, S., Head, J., Berry, B., Jiggins, M., & Hygge, S. (2001a). The West London Schools Study: the effects of chronic aircraft noise exposure on child health. *Psychological Medicine* 31(8): 1385-1396. doi: 10.1017/s003329170100469x
- Haines, M. M., Stansfeld, S. A., Job, R. S., Berglund, B., & Head, J. (2001b). A follow-up study of effects of chronic aircraft noise exposure on child stress responses and cognition. *International Journal of Epidemiology* 30(4): 839-845. doi: 10.1093/ije/30.4.839
- Haines, M. M., Stansfeld, S. A., Job, R. S., Berglund, B., & Head, J. (2001c). Chronic aircraft noise exposure, stress responses, mental health and cognitive performance in school children. *Psychological Medicine* 31(2): 265-277. doi: 10.1017/s0033291701003282
- Halonen, J. I., Lanki, T., Yli-Tuomi, T., Turunen, A. W., Pentti, J., Vahtera, J., & Kivimäki, M. (2013, January). Traffic noise and psychotropic medication use. In 42nd International Congress and Exposition on Noise Control Engineering 2013, INTER-NOISE 2013: Noise Control for Quality of Life (Vol. 6, pp. 4941-4947). <http://www.ingentaconnect.com/content/ince/incecp/2013/00000247/00000003/art00007>
- Halonen, J. I., Lanki, T., Yli-Tuomi, T., Turunen, A. W., Peniti, J., Kivimäki, M., & Vahtera, J. (2014). Associations of traffic noise with self-rated health and psychotropic medication use. *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health* 40(3): 235-243. doi: 10.5271/sjweh.3408
- Harding, A. H., Frost, G. A., Tan, E., Tsuchiya, A., & Mason, H. M. (2013). The cost of hypertension-related ill-health attributable to environmental noise. *Noise and Health* 15:437-45. doi: 10.4103/1463-1741.121253

- Häuser, W., Schmutzer, G., Brähler, E., & Glaesmer, H. (2011). Maltreatment in childhood and adolescence: results from a survey of a representative sample of the German population. *Deutsches Ärzteblatt International* 108 (17): 287-294. doi: 10.3238/arztebl.2011.0287
- Hautzinger, M., Bailer, M., Hofmeister, D., & Keller, F. (2012) Allgemeine Depressionsskala (ADS). Manual. 2. überarb. und neu normierte Aufl. Göttingen: Hogrefe.
- Hé, S., Smargiassi, A., Low, N., Bilodeau-Bertrand, M., Ayoub, A., & Auger, N. (2019). Residential noise exposure and the longitudinal risk of hospitalization for depression after pregnancy: Postpartum and beyond. *Environmental Research*, 170, 26-32. doi: 10.1016/j.envres.2018.12.001
- Hegewald, J., Schubert, M., Wagner, M., Droge, P., Prote, U., Swart, E., Mohler, U., Zeeb, H., & Seidler, A. (2017). Breast cancer and exposure to aircraft, road, and railway-noise: a case-control study based on health insurance records. *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health* 43(6): 509-518. doi: 10.5271/sjweh.3665
- Helmerhorst, H., Brage, S., Warren, J., Besson, H., & Ekelund, U. (2012) A systematic review of reliability and objective criterion-related validity of physical activity questionnaire. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity* 9:1-55. doi: 10.1186/1479-5868-9-103
- Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (2017). Gutachten zur Berücksichtigung eines Maximalpegelkriteriums bei der Beurteilung von Schienenverkehrslärm in der Nacht. <https://umwelt.hessen.de/sites/default/files/media/hmuelv/schlussbericht.pdf>
- Hinz, A., Klein, A. M., Brähler, E., Glaesmer, H., Luck, T., Riedel-Heller, S. G., Wirkner, K., & Hilbert, A. (2017). Psychometric evaluation of the Generalized Anxiety Disorder Screener GAD-7, based on a large German general population sample. *Journal of Affective Disorders* 210: 338-344. doi: 10.1016/j.jad.2016.12.012
- Hjortebjerg, D., Andersen, A. M. N., Christensen, J. S., Ketzler, M., Raaschou-Nielsen, O., Sunyer, J., Julvez, J., Forn, J., & Sørensen, M. (2016). Exposure to road traffic noise and behavioral problems in 7-year-old children: a cohort study. *Environmental Health Perspectives* 124(2): 228. doi: 10.1289/ehp.1409430
- Höhne, S. (2018): Antonov-Frachtmaschinen über Leipzig: Krach um die Uraltflieger. In: Onlineangebot der Mitteldeutsche Zeitung, 26.06.2018. Online im Internet: <https://www.mz.de/mitteldeutschland/leipzig/antonov-frachtmaschinen-uber-leipzig-krach-um-die-uraltflieger-1452370>, zuletzt abgerufen am 23.03.2022.
- Hölzel, L., Harter, M., Reese, C., & Kriston, L. (2011). Risk factors for chronic depression--a systematic review. *Journal of Affective Disorders* 129(1-3): 1-13. doi: 10.1016/j.jad.2010.03.025
- Hopf, A. (2021) Verkehrslärmbedingte Risiken für Herz-Kreislauf-Erkrankungen und depressive Erkrankungen unter Berücksichtigung des Einflusses von Luftschadstoffen – systematisches Review und Metaanalyse. Med. Dissertation, TU Dresden. <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:bsz:14-qucosa2-786443>
- Isaacs, B., & Kennie, A. T. The Set test as an aid to the detection of dementia in old people (1973). *British Journal of Psychiatry* 123(575): 467-470. doi: 10.1192/bjp.123.4.467
- ISO (2003): ISO/TS15666:2003, Acoustics—Assessment of Noise Annoyance by Means of Social and Socio-Acoustic Surveys (International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland).
- Jacobi, F., Höfler, M., Strehle, J., Mack, S., Gerschler, A., Scholl, L., Busch, M. A., Maske, U., Gaebel, W., Maier, W., Wagner, M., Zielasek, J & Wittchen, H.-U. (2014). Psychische Störungen in der Allgemeinbevölkerung. *Der Nervenarzt* 85(1): 77-87. doi: 10.1007/s00115-013-3961-y

- Janicke (2013). LASAT – Ein Programmsystem zur Berechnung von Schadstoffausbreitung in der Atmosphäre. Version 3.3. Ingenieurbüro Janicke Gesellschaft für Umweltphysik Deutschland, Überlingen. Juli 2013; URL:http://www.janicke.de/data/lasat/lasat-3.3_de.pdf, letzter Zugriff: 13.08.2018.
- Jonah, B. A., Bradley, J. S., & Dawson, N. E. (1981). Predicting individual subjective responses to traffic noise. *Journal of Applied Psychology* 66(4): 490. doi: 10.1037/0021-9010.66.4.490
- Kim, K. N., Lim, Y. H., Bae, H. J., Kim, M., Jung, K., & Hong, Y. C. (2016). Long-term fine particulate matter exposure and major depressive disorder in a community-based urban cohort. *Environmental Health Perspectives* 124 (10): 1547. doi: 10.1289/EHP192
- Kioumourtoglou, M. A., Power, M. C., Hart, J. E., Okereke, O. I., Coull, B. A., Laden, F., & Weisskopf, M. G. (2017). The association between air pollution and onset of depression among middle-aged and older women. *American Journal of Epidemiology* 185(9): 801-809. doi: 10.1093/aje/kww163
- Klinitzke, G., Romppel, M., Hauser, W., Brahler, E., & Glaesmer, H. (2012). [The German Version of the Childhood Trauma Questionnaire (CTQ): psychometric characteristics in a representative sample of the general population]. *Psychotherapie, Psychosomatik und Medizinische Psychologie* 62(2): 47-51. doi: 10.1055/s-0031-1295495
- Klompaker, J. O., Hoek, G., Bloemsma, L. D., Wijga, A. H., van den Brink, C., Brunekreef, B., ... & Janssen, N. A. (2019). Associations of combined exposures to surrounding green, air pollution and traffic noise on mental health. *Environment International*, 129, 525-537. doi: 10.1016/j.envint.2019.05.040
- Köhler, C. A., Evangelou, E., Stubbs, B., Solmi, M., Veronese, N., Belbasis, L., ... & Olfson, M. (2018). Mapping risk factors for depression across the lifespan: An umbrella review of evidence from meta-analyses and Mendelian randomization studies. *Journal of Psychiatric Research* 103: 189-207. doi: 10.1016/j.jpsychires.2018.05.020
- Kroll, L. E. (2011). Konstruktion und Validierung eines allgemeinen Index für die Arbeitsbelastung in beruflichen Tätigkeiten auf Basis von ISCO-88 und KldB-92. *Methoden, Daten, Analysen (mda)*, 5(1), 63-90. <http://nbnresolving.de/urn:nbn:de:0168-ssoar-255027>
- Kroenke, K., Spitzer, R. L., Williams, J. B., Monahan, P. O., & Löwe, B. (2007). Anxiety disorders in primary care: prevalence, impairment, comorbidity, and detection. *Annals of Internal Medicine* 146(5): 317-325. doi: 10.7326/0003-4819-146-5-200703060-00004
- Lai, H. M. X., Cleary, M., Sitharthan, T., & Hunt, G. E. (2015). Prevalence of comorbid substance use, anxiety and mood disorders in epidemiological surveys, 1990–2014: A systematic review and meta-analysis. *Drug and Alcohol Dependence* 154: 1-13. doi: 10.1016/j.drugalcdep.2015.05.031
- Lampert, T., Kroll, L., Müters, S., & Stolzenberg, H. (2013). Messung des sozioökonomischen Status in der Studie zur Gesundheit Erwachsener in Deutschland (DEGS1). *Bundesgesundheitsblatt-Gesundheitsforschung-Gesundheitsschutz*, 56(5-6), 631-636. doi: 10.1007/s00103-012-1663-4
- Lange, C., Manz, K., & Kuntz, B. (2017). Alkoholkonsum bei Erwachsenen in Deutschland: Riskante Trinkmengen. *Journal of Health Monitoring* 2(2): 66-73. doi: 10.17886/RKIGBE2017031
- Latza, U., Hoffmann, W., Terschüren, C., Chang-Claude, J., Kreuzer, M., Schaffrath, R. A., Kropp, A., Stang, A., Ahrens, W., Lampert, T. (2009). Erhebung, Quantifizierung und Analyse der Rauchexposition in epidemiologischen Studien. Robert Koch-Institut. Berlin: Mercedes-Druck. http://www.rki.de/DE/Content/Gesundheitsmonitoring/Themen/Rauchen/Rauchexposition_epidstudien.pdf?__blob=publicationFile
- Lee, Y. H., Shin, M. H., Kweon, S. S., Choi, J. S., Rhee, J. A., Ahn, H. R., Yun, W. J., Ryu, S. Y., Kim, B. H., Nam, H. S., Jeong, S. K., Park, K. S. (2011). Cumulative Smoking exposure, duration of smoking cessation, and

- peripheral arterial disease in middle-aged and older Korean men. *BMC Public Health* 11:94. doi: 10.1186/1471-2458-11-94
- Lercher, P. (1996). Road traffic noise, self medication, and prescriptions: A community study,” edited by F. A. Hill and R. Lawrence, in *Proceedings of InterNoise 96, Liverpool* (Institute of Acoustics, St. Albans, UK), pp. 2171–2176. ISBN: 1-873082-91-6
- Lim, Y. H., Kim, H., Kim, J. H., Bae, S., Park, H. Y., & Hong, Y. C. (2012). Air pollution and symptoms of depression in elderly adults. *Environmental Health Perspectives*, 120(7): 1023. doi: 10.1289/ehp.1104100
- Linares, C., Culqui, D., Carmona, R., Ortiz, C., & Díaz, J. (2017). Short-term association between environmental factors and hospital admissions due to dementia in Madrid. *Environmental Research* 152: 214-220. doi: 10.1016/j.envres.2016.10.020
- Lohmeyer (2000). Immissionskataster Sachsen – Erweiterung des Programmsystems IMMIKART um die Schadstoffe Benzol, Ruß und PM10. Auftraggeber: Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie, Dresden, Dezember 2000. Projekt 2270.
- Lohmeyer (2012). SELMA GIS - System for Calculating and Representing Air Pollutant Concentrations. Handbuch. Version 9.29.3. Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG, Radebeul. Dezember 2012.
- Löwe, B., Zipfel, S., & Herzog, W. (2001). Gesundheitsfragebogen für Patienten (PHQ-D). Komplettversion und Kurzform. Testmappe mit vorläufigem Manual, Fragebögen, Schablonen. Karlsruhe: Pfizer. Levels of evidence III.
- Löwe, B., Decker, O., Müller, S., Brähler, E., Schellberg, D., Herzog, W., & Herzberg, P. Y. (2008). Validation and standardization of the Generalized Anxiety Disorder Screener (GAD-7) in the general population. *Medical Care* 46(3): 266-274. doi: 10.1097/MLR.0b013e318160d093
- Lubben, J., Blozik, E., Gillmann, G., Iliffe, S., Kruse, W. von R., Beck, J. C., & Stuck, A. E. (2006). Performance of an Abbreviated Version of the Lubben Social Network Scale Among Three European Community-Dwelling Older Adult Populations. *The Gerontologist* 46:503–13. 150. doi: 10.1093/geront/46.4.503
- Lubben, J. E. (1988). Assessing social networks among elderly populations. *Family & Community Health* 11:42–52. 151. doi: 10.1097/00003727-198811000-00008
- Luck, T., Roehr, S., Rodriguez, F. S., Schroeter, M. L., Witte, A. V., Hinz, A., Mehnert, A., Engel, C. Loeffler, M., Thiery, J., Villringer, A., & Riedel-Heller, S. (2018). Memory-related subjective cognitive symptoms in the adult population: prevalence and associated factors—results of the LIFE-Adult-Study. *BMC Psychology* 6(1): 23. doi: 10.1186/s40359-018-0236-1
- Marcello, E., Gardoni, F., & Di Luca, M. (2015). Alzheimer’s disease and modern lifestyle: what is the role of stress? *Journal of Neurochemistry* 134: 795-98. doi: 10.1111/jnc.13210
- Meecham, W. C., & Smith, H. G. (1977). Effects of jet aircraft noise on mental hospital admissions. *British Journal of Audiology* 11(3): 81-85. doi: 10.3109/03005367709078838
- Miyakawa, M., Matsui, T., & Hiramatsu, K. (2007, August). Relationship between psychiatric disorder and disturbances of daily life to aircraft noise exposure-Epidemiological study around Narita International Airport. In *INTER-NOISE and NOISE-CON Congress and Conference Proceedings* (Vol. 2007, No. 3, pp. 3752-3759). Institute of Noise Control Engineering. <http://www.ingentaconnect.com/content/ince/incecp/2007/00002007/00000003/art00033>
- Mobius J. Flughafen Leipzig/Halle. Mehr Flüge in der Nacht. *Mitteldeutsche Zeitung*, Halle 2015.

Möhler, U., Liepert, M., Mühlbacher, M., Beronius, A., Nunberger, M., Braunstein, G., Gille, M., Schaal, J. & Bartel, R. (2015). Erfassung der Verkehrsgeräuschexposition. In *Verkehrslärmwirkungen im Flughafenumfeld* (Bd. 2) Gemeinnützige Umwelthaus gGmbH (Hg.), Ed.; Noise Related Annoyance Cognition and Health (NORAH): Kelsterbach, Germany. <http://www.laermstudie.de/ergebnisse/basismodul-akustik/>

Möhler U, Schreckenber D, Müller U, Liepert M, Skowronek V, Belke C, Benz S. Gutachten zur Berücksichtigung eines Maximalpegelkriteriums bei der Beurteilung von Schienenverkehrslärm in der Nacht. 2017. https://umwelt.hessen.de/sites/umwelt.hessen.de/files/2021-06/gutachten_zur_beruecksichtigung_eines_maximalpegelkriteriums_bei_der_beurteilung_von_schienenverkehrslaerm_in_der_nacht.pdf (Zugriff am 29.03.2022).

Möhler, U., Schreckenber D., Müller, U., Liepert, M., Skowronek, V., Belke, C., Benz, S. (2018). Maximalpegelkriterien für die Beurteilung von Schienenverkehrslärm in der Nacht. *Lärmbekämpfung* 13(1): 15-21. [https://www.laermbekaempfung.de/laerm/issuedetails.php?data\[issue_id\]=1826](https://www.laermbekaempfung.de/laerm/issuedetails.php?data[issue_id]=1826)

Moreno-Peral, P., Conejo-Ceron, S., Motrico, E., Rodriguez-Morejon, A., Fernandez, A., Garcia-Campayo, J., Roca, M., Serrano-Blanco, A., Rubio-Valera, M., & Bellon, J. A. (2014). Risk factors for the onset of panic and generalised anxiety disorders in the general adult population: a systematic review of cohort studies. *Journal of Affective Disorders* 168: 337-348. doi: 10.1016/j.jad.2014.06.021

Morris, J. C., Mohs, R. C., Rogers, H., Fillenbaum, G., & Heyman, A. (1988). Consortium to establish a registry for Alzheimer's disease (CERAD) clinical and neuropsychological assessment of Alzheimer's disease. *Psychopharmacological Bulletin* 24(4): 641-652. www.memoryclinic.ch

Morris, J. C., Heyman, A., Mohs, R. C., Hughes, J. P., van Belle, G., Fillenbaum, G., Mellits, E. D., & Clark, C. (1989). CERAD. Part I. Clinical and neuropsychological assessment of Alzheimer's disease. *Neurology* 39(9): 1159-1165. doi: 10.1212/WNL.39.9.1159

Mostardt, S., Matusiewicz, D., Wasem, J., Neumann, A. (2010). Identifikation von Demenzpatienten in Sekundärdaten – Evaluation eines Modellprojekts. DGSMP Poster der Universität Duisburg-Essen; 2010 URL: https://www.mm.wiwi.uni-due.de/uploads/media/Poster_DGSMP_mostardt.pdf

Mwangi, M. (2008). A comparison of cox and poisson regression in the analysis of survival data. University of Nairobi, College of Health Sciences, Institute of Tropical and Infectious Diseases. URL: <http://hdl.handle.net/11295/64154>

Müller, U. (2010). DEUFRAKO/ RAPS: Wirkungsorientierte Bewertung unterschiedlicher Verkehrslärmarten. Teilvorhaben DLR: Metaanalyse und Feldstudie. Abschlussbericht. <http://edok01.tib.uni-hannover.de/edoks/e01fb10/639593747.pdf>

Müller, U., Aeschbach, D., Elmenhorst, E.-M., Mendolina, F., & Quehl, J. (2015). Verkehrslärmwirkung im Flugumfeld. Band 4: Fluglärm und nächtlicher Schlaf. http://www.laermstudie.de/fileadmin/files/Laermstudie/Schlafstudie_Wiss_Ergebnisbericht.pdf

Neuhauser, H., Thamm, M., & Ellert, U. (2013). Blutdruck in Deutschland 2008–2011. Ergebnisse der Studie zur Gesundheit Erwachsener in Deutschland (DEGS1). *Bundesgesundheitsblatt* 56:795–801. doi: 10.1007/s00103-013-1669-6

Nilsen R. M., Vollset S. E., Gjessing H. K., Skjaerven R., Melve K. K., Schreuder P., Alsaker E. R., Haug K., Daltveit A. K., & Magnus P. (2009). Self-selection and bias in a large prospective pregnancy cohort in Norway. *Paediatric and Perinatal Epidemiology* 23: 597-608. doi: 10.1111/j.1365-3016.2009.01062.x

Nivison, M. E., & Endresen, I. M. (1993). An analysis of relationships among environmental noise, annoyance and sensitivity to noise, and the consequences for health and sleep. *Journal of Behavioral Medicine* 16(3): 257-276. doi: 10.1007/BF00844759

- Oudin, A., Bråbäck, L., Åström, D. O., Strömberg, M., & Forsberg, B. (2016). Association between neighbourhood air pollution concentrations and dispensed medication for psychiatric disorders in a large longitudinal cohort of Swedish children and adolescents. *BMJ open* 6(6): e010004. doi: 10.1136/bmjopen-2015-010004
- Okokon, E. O., Yli-Tuomi, T., Turunen, A. W., Tiittanen, P., Juutilainen, J., & Lanki, T. (2018). Traffic noise, noise annoyance and psychotropic medication use. *Environment International*, 119, 287-294. doi: 10.1016/j.envint.2018.06.034
- Orban, E., McDonald, K., Sutcliffe, R., Hoffmann, B., Fuks, K., Dragano, N., Viehmann, A., Erbel, R., Jöckel, K.H., Pundt, N., & Moebus, S. (2016). Residential Road Traffic Noise and High Depressive Symptoms after Five Years of Follow-up: Results from the Heinz Nixdorf Recall Study. *Environmental Health Perspectives* 124: 578-585. doi: 10.1289/ehp.1409400
- Rajkumar, R. P. (2020). COVID-19 and mental health: A review of the existing literature. *Asian Journal of Psychiatry*, 102066. doi: 10.1016/j.ajp.2020.102066
- Peen, J., Schoevers, R. A., Beekman, A. T., & Dekker, J. (2010). The current status of urban-rural differences in psychiatric disorders. *Acta Psychiatrica Scandinavica* 121(2): 84-93. doi: 10.1111/j.1600-0447.2009.01438.x
- Petersen, R. C. (2004). Mild cognitive impairment as a diagnostic entity. *Journal of Internal Medicine* 256(3), 183-194. doi: 10.1111/j.1365-2796.2004.01388.x
- Petersson, S. D., & Philippou, E. (2016). Mediterranean Diet, Cognitive Function, and Dementia: A Systematic Review of the Evidence. *Advances in Nutrition* 7(5): 889-904. doi: 10.3945/an.116.012138
- Pun, V. C., Manjourides, J., & Suh, H. (2017). Association of Ambient Air Pollution with Depressive and Anxiety Symptoms in Older Adults: Results from the NSHAP Study. *Environmental Health Perspectives* 125(3): 342-348. doi: 10.1289/EHP494
- Radloff, L. S. (1977). The CES-D scale: a self-report depression scale for research in the general population. *Applied Psychological Measurement* 1:385-401. doi: 10.1177/014662167700100306
- Ramroth H., Dietz A., Becher H. (2006). Rauchen und Alkohol sind Hauptrisikofaktoren für Kehlkopfkrebs. Ergebnisse einer deutschen Fall-Kontroll-Studie im europäischen Vergleich. *Deutsches Ärzteblatt* 16(06): 1079-1083. https://www.researchgate.net/profile/Heribert-Ramroth/publication/258763449_Rauchen_und_Alkohol_sind_Hauptrisikofaktoren_fur_Kehlkopfkrebs_Ergebnisse_einer_deutschen_Fall-Kontroll-Studie_im_europaischen_Vergleich/links/592337a1aca27295a8a82ea7/Rauchen-und-Alkohol-sind-Hauptrisikofaktoren-fuer-Kehlkopfkrebs-Ergebnisse-einer-deutschen-Fall-Kontroll-Studie-im-europaeischen-Vergleich.pdf
- Reitan, R. M. (1992). Trail Making Test: Manual for administration and scoring. Tucson, AZ: Reitan Neuropsychology Laboratory
- Robert Koch-Institut (2003). Übergewicht und Adipositas. Gesundheitsberichterstattung des Bundes. Heft 16. Berlin: RKI. URL: http://www.rki.de/DE/Content/Gesundheitsmonitoring/Gesundheitsberichterstattung/GBEDownloadsT/uebergewicht.pdf?__blob=publicationFile
- Robert Koch-Institut. Gesundheitsberichterstattung des Bundes. (2006). Heft 26: Körperliche Aktivität. ISBN 3-89606-158-5, http://edoc.rki.de/documents/rki_fv/ren4T3cctjHcA/PDF/29BFVzVH-bIM_45.pdf
- Robinson, E., Sutin, A. R., Daly, M., & Jones, A. (2022). A systematic review and meta-analysis of longitudinal cohort studies comparing mental health before versus during the COVID-19 pandemic in 2020. *Journal of Affective Disorders*, 296, 567-576. doi: 10.1016/j.jad.2021.09.098

- Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft (2009). Luftreinhaltepläne der Stadt Leipzig. <https://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/luft/17550.htm>
- Satzger, W., Hampel, H., Padberg, F., Bürger, K., Nolde, T., Ingrassia, G., & Engel, R. R. (2001). Zur praktischen Anwendung der CERAD-Testbatterie als neuropsychologisches Demenzscreening. *Der Nervenarzt* 72(3): 196-203. doi: 10.1007/s001150050739
- Schreckenber, D., Eikmann T. F., Herr, C. E. W., zur Nieden A., & Heudorf U. (2009). Fluglärm und Gesundheit in der Rhein-Main Region 2005–Ergänzende Auswertung der RDF-Belastigungsstudie um die Fragen zur Gesundheit. Amt für Gesundheit, Frankfurt (Hrsg.) ISBN 987-3-941782-00-6. <https://www.frankfurt.de/sixcms/media.php/738/Bericht.pdf>
- Schubert, I., Ihle P. & Köster I. (2010). Interne Validierung von Diagnosen in GKV-Routinedaten: Konzeption mit Beispielen und Falldefinition. *Das Gesundheitswesen* 72(10): 316-322. doi: 10.1055/s-0030-1249688
- Schulz, M., Bohlken, J., Schulz, M., Hering, R., von Stillfried, D., & Bätzing-Feigenbaum, J. (2015). Medikamentöse Behandlung von Patienten mit Demenz unter besonderer Berücksichtigung regionaler Versorgungsunterschiede. *ZI Versorgungsatlas*, 18. https://www.versorgungsatlas.de/fileadmin/ziva_docs/54/VA-54-2015_Bericht_final_final.pdf
- Schulze, J., Glaeske, G., van den Bussche, H., Kaduszkiewicz, H., Koller, D., Wiese, B., & Hoffmann, F. (2013). Prescribing of antipsychotic drugs in patients with dementia: a comparison with age-matched and sex-matched non-demented controls. *Pharmacoepidemiology and Drug Safety* 22(12): 1308-1316. doi: 10.1002/pds.3527
- Schwarzkopf, L., Menn, P., & Holle, R. (2012). Methodische Ermessensspielräume bei der Sekundärdatenanalyse von GKV-Daten und ihre Auswirkungen–explorative Darstellung am Beispiel einer Kostenstudie zu Demenz. *Gesundheitswesen* 74(08/09): e76-e83. doi: 10.1055/s-0032-1314826
- Seidler, A., Bernhardt, T., Nienhaus, A., & Frölich, L. (2003). Association between the psychosocial network and dementia—a case–control study. *Journal of Psychiatric Research* 37(2): 89-98. doi: 10.1016/s0022-3956(02)00065-1
- Seidler, A., Nienhaus, A., Bernhardt, T., Kauppinen, T., Elo, A. L., & Frölich, L. (2004). Psychosocial work factors and dementia. *Occupational and Environmental Medicine* 61: 962-971. doi: 10.1136/oem.2003.012153
- Seidler, A., Weihofen, V. M., Wagner, M., Swart, E., Hegewald, J., Euler, U., Schmitt, J., & Zeeb, H. (2013). Systematic review: environmental aircraft noise and non-auditory health complaints and diseases. PROSPERO: CRD42013006004. International prospective register of systematic reviews: University of York. Available from http://www.crd.york.ac.uk/PROSPERO/display_record.asp?ID=CRD42013006004.
- Seidler, A., Thinschmidt, M., Deckert, S., Then, F., Hegewald, J., Nieuwenhuijsen, K., & Riedel-Heller, S. G. (2014). The role of psychosocial working conditions on burnout and its core component emotional exhaustion – a systematic review. *Journal of Occupational Medicine and Toxicology* 9: 10. doi: 10.1186/1745-6673-9-10
- Seidler, A., Wagner, M., Schubert, M., Dröge, P., & Hegewald, J. (2016a). Sekundärdatenbasierte Fallkontrollstudie mit vertiefender Befragung. NORAH (Noise-related annoyance, cognition and health): Verkehrslärmwirkungen im Flughafenumfeld. Endbericht, Band 6, 2nd edition. http://www.laermstudie.de/fileadmin/files/Laermstudie/NORAH-Fallkontrollstudie_Endbericht_16mai12_Auflage_2.pdf.

- Seidler, A., Wagner, M., Schubert, M., Dröge, P., Pons-Kühnemann, J., Swart, E., Zeeb, H., & Hegewald, J. (2016b). Myocardial infarction risk due to aircraft, road, and rail traffic noise. *Deutsches Ärzteblatt International* 113: 407–414. doi: 10.3238/arztebl.2016.0407
- Seidler, A., Wagner, M., Schubert, M., Dröge, P., Römer, K., Pons-Kühnemann, J., Swart, E., Zeeb, H., & Hegewald, J. (2016c). Aircraft, road and railway traffic noise as risk factors for heart failure and hypertensive heart disease – a case-control study based on secondary data. *International Journal of Hygiene and Environmental Health* 219: 749-758. doi: 10.1016/j.ijheh.2016.09.012
- Seidler, A., Hegewald, J., Seidler, A. L., Schubert, M., Wagner, M., Dröge, P., Haufe, E., Schmitt, J., Swart, E., & Zeeb, H. (2017). Association between aircraft, road and railway traffic noise and depression in a large case-control study based on secondary data. *Environmental Research* 152: 263-227. doi: 10.1016/j.envres.2016.10.017
- Siegrist, J., Wege, N., Puhlhofer, F. & Wahrendorf, M. (2009). A short generic measure of work stress in the era of globalization: effort-reward imbalance. *International Archives of Occupational and Environmental Health* 82(8): 1005-1013. doi: 10.1007/s00420-008-0384-3
- Spitzer, R. L., Kroenke, K., Williams, J. B., & Löwe, B. (2006). A brief measure for assessing generalized anxiety disorder: the GAD-7. *Archives of internal medicine* 166(10): 1092-1097. doi: 10.1001/archinte.166.10.1092
- Stansfeld, S. A., Sharp, D. S., Gallacher, J., & Babisch, W. (1993). Road traffic noise, noise sensitivity and psychological disorder. *Psychological Medicine* 23(4): 977-985. doi: 10.1136/bmj.313.7052.266
- Stansfeld, S., Gallacher, J., Babisch, W., & Shipley, M. (1996). Road traffic noise and psychiatric disorder: prospective findings from the Caerphilly Study. *British Medical Journal* 313(7052): 266-267. doi: 10.1136/bmj.313.7052.266
- Stansfeld, S. A., & Matheson, M. P. (2003). Noise pollution: non-auditory effects on health. *British Medical Bulletin* 68, 243-57. doi: 10.1093/bmb/ldg033
- Stansfeld, S. A., Berglund, B., Clark, C., Lopez-Barrio, I., Fischer, P., Ohrström, E., ... & Berry, B. F. (2005). Aircraft and road traffic noise and children's cognition and health: a cross-national study. *The Lancet*, 365(9475), 1942-1949. doi:10.1016/S0140-6736(05)66660-3
- Stansfeld, S. A., Clark, C., Cameron, R. M., Alfred, T., Head, J., Haines, M. M., van Kamp, I., van Kempen, E. & Lopez-Barrio, I. (2009a). Aircraft and road traffic noise exposure and children's mental health. *Journal of Environmental Psychology* 29(2): 203-207. doi: 10.1016/j.jenvp.2009.01.002
- Stansfeld, S. A., Haines, M. M., Berry, B., & Burr, M. (2009b). Reduction of road traffic noise and mental health: An intervention study. *Noise and Health* 11(44): 169. doi: 10.4103/1463-1741.53364
- Stein, J., & Lupp M. (2012). Allgemeine Depressionsskala (ADS). *Psychiatrische Praxis* 39: 302–304. doi: 10.1055/s-0032-1326702
- Sygná, K., Aasvang, G. M., Aamodt, G., Oftedal, B., & Krog, N. H. (2014). Road traffic noise, sleep and mental health. *Environmental Research* 131: 17-24. doi: 10.1016/j.envres.2014.02.010
- Szyszkowicz, M., Rowe, B., & Colman, I. (2009). Air pollution and daily emergency department visits for depression. *International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health*, 22(4): 355-362. doi: 10.2478/v10001-009-0031-6
- Szyszkowicz, M., Kousha, T., Kingsbury, M., & Colman, I. (2016). Air pollution and emergency department visits for depression: a multicity case-crossover study. *Environmental Health Insights*, 10: EHI-S40493. doi: 10.4137/EHI.S40493

- Tenaillon, Q. M., Bernard, N., Pujol, S., Houot, H., Joly, D., Mauny, F. (2015). Assessing residential exposure to urban noise using environmental models: does the size of the local living neighborhood matter?. *Journal of Exposure Science & Environmental Epidemiology* 25: 89–96. doi: 10.1038/jes.2014.33
- Textor J., Hardt J., Knuppel S. (2013). Dagitty: A graphical tool for analyzing causal diagrams. *Epidemiology*, 22(5):745. doi: 10.1097/EDE.0b013e318225c2be
- Then, F. S., Luck, T., Luppä, M., Thinschmidt, M., Deckert, S., Nieuwenhuijsen, K., Seidler, A., & Riedel-Heller, S. G. (2014): Systematic review of the effect of the psychosocial working environment on cognition and dementia. *Occupational and Environmental Medicine* 71: 358-65. doi: 10.1136/oemed-2013-101760
- Tiesler, C. M., Birk, M., Thiering, E., Kohlböck, G., Koletzko, S., Bauer, C. P., ... & Heinrich, J. (2013). Exposure to road traffic noise and children's behavioural problems and sleep disturbance: Results from the GINIplus and LISApplus studies. *Environmental Research*, 123, 1-8. doi: 10.1016/j.envres.2013.01.009
- Thinschmidt, M., Deckert, S., Then, F. S., Hegewald, J., Nieuwenhuijsen, K., Riedel-Heller, S. G., & Seidler, A. (2014). Systematischer Review: Der Einfluss psychosozialer Belastungsfaktoren auf die Entstehung psychischer Beeinträchtigungen und Erkrankungen. Dortmund, Berlin, Dresden. ISBN: 978-3-88261-727-6. <https://www.baua.de/DE/Angebote/Publikationen/Berichte/F2264.html>
- Thompson, J. E. (2018). Airborne Particulate Matter: Human Exposure and Health Effects. *Journal of Occupational and Environmental Medicine* 60(5): 392-423. doi: 10.1097/JOM.0000000000001277
- Tiesler, C. M., Birk, M., Thiering, E., Kohlböck, G., Koletzko, S., Bauer, C. P., Berdel, D., von Berg, A., Babisch, W., & Heinrich, J. (2013). Exposure to road traffic noise and children's behavioural problems and sleep disturbance: Results from the GINIplus and LISApplus studies. *Environmental Research* 123:1-8. doi: 10.1016/j.envres.2013.01.009
- Thom, J., Kuhnert, R., Born, S., & Hapke, U. (2017). 12-Monats-Prävalenz der selbstberichteten ärztlich diagnostizierten Depression in Deutschland. doi: 10.17886/RKI-GBE-2017-057
- Tzivian, L., Winkler, A., Dlugaj, M., Schikowski, T., Vossoughi, M., Fuks, K., ... & Hoffmann, B. (2015). Effect of long-term outdoor air pollution and noise on cognitive and psychological functions in adults. *International Journal of Hygiene and Environmental Health* 218(1): 1-11. doi: 10.1016/j.ijheh.2014.08.002
- Tzivian, L., Dlugaj, M., Winkler, A., Weinmayr, G., Hennig, F., Fuks, K. B., Sugiri, D., Erbel, R., Jöckel, K. H., Möbus, S., Hoffmann, B., & Weimar, C. (2016). Long-term air pollution and traffic noise exposures and mild cognitive impairment in older adults: a cross-sectional analysis of the Heinz Nixdorf recall study. *Environmental Health Perspectives* 124(9): 1361. doi: 10.1289/ehp.1509824
- Tzivian, L., Jokisch, M., Winkler, A., Weimar, C., Dragano, N., Erbel, R., ... & Hoffmann, B. (2018). OP XI-2 Associations between outdoor and indoor noise, cognitive performance and depressive symptoms—results from HNR study. *Occupational Environmental Medicine*, 75:A21. doi: 10.1136/oemed-2018-ISE-Eabstracts.50
- Umweltbundesamt. (2007). Anleitung zur Berechnung von Lärmschutzbereichen. https://www.hlnug.de/fileadmin/dokumente/laerm/gesetze/flugverkehr/AzB_07.pdf
- van Kamp, I., Houthuijs, D., van Wiechen, C., & Breugelmans, O. (2007, August). Environmental noise and mental health: evidence from the Schiphol monitoring program. In INTER-NOISE and NOISE-CON Congress and Conference Proceedings (Vol. 2007, No. 6, pp. 1177-1183). Institute of Noise Control Engineering. <http://www.ingentaconnect.com/content/ince/incep/2007/00002007/00000006/art00032>

- van Kamp I., & Davies H. (2013). Noise and Health in Vulnerable Groups: A review. *Noise and Health* 64:153-159. doi: 10.4103/1463-1741.112361
- Vert, C., Sánchez-Benavides, G., Martínez, D., Gotsens, X., Gramunt, N., Cirach, M., Molinuevo, J.L., Sunyer, J., Nieuwenhuijsen, M.J., Crous-Bou, M., Gascon, M., 2017. Effect of long-term exposure to air pollution on anxiety and depression in adults: a cross-sectional study. *International Journal of Hygiene and Environmental Health* 220 (6): 1074–1080. doi: 10.1016/j.ijheh.2017.06.009
- Wagner, M., Bolm-Audorff, U., Hegewald, J., Fishta, A., Schlattmann, P., Schmitt, J., & Seidler, A. (2015). Occupational polycyclic aromatic hydrocarbon exposure and risk of larynx cancer: a systematic review and meta-analysis. *Occupational and Environmental Medicine* 72: 226-233. doi: 10.1136/oemed-2014-102317
- Weihofen, V.M. (2017). Verkehrsfluglärm und Schlaganfallrisiko – ein systematischer Review mit Meta-Analyse. Dissertationsschrift. TU Dresden.
- Weltärztebund. (2013). Deklaration von Helsinki – Ethische Grundsätze für die medizinische Forschung am Menschen. http://www.bundesaerztekammer.de/fileadmin/user_upload/Deklaration_von_Helsinki_2013_DE.pdf
- Weyde, K. V., Krog, N. H., Oftedal, B., Magnus, P., Øverland, S., Stansfeld, S., Nieuwenhuijsen, M. J., Vrijheid, M., Pascual, M. C., & Aasvang, G. M. (2017). Road traffic noise and children’s inattention. *Environmental Health* 16: 127. doi: 10.1186/s12940-017-0337-y
- Winblad, B., Palmer, K., Kivipelto, M., Jelic, V., Fratiglioni, L., Wahlund, L. O., Nordberg, A., Bäckman, L., Albert, M., Almkvist, O., Arai, H., Basun, H., Blennow, K., De Leon, M., DeCarli, C., Erkinjuntti, T., Giacobi, E., Graff, C., Hardy, J., Jack, C., Jorm, A., Ritchie, K., Van Duijn, C., Visser, P., & Petersen, R. C. (2004). Mild cognitive impairment–beyond controversies, towards a consensus: report of the International Working Group on Mild Cognitive Impairment. *Journal of internal Medicine* 256(3): 240-246. doi: 10.1111/j.1365-2796.2004.01380.x
- Winkler, J. & Stolzenberg, H. (1999). Der Sozialschichtindex im Bundesgesundheitsurvey. *Das Gesundheitswesen* 61[99]; 178-183. Stuttgart: Georg Thieme Verlag KG.
- Wittchen, H.-U., Jacobi, F., Klose, M. & Ryl, L. (2010). Depressive Erkrankungen. Gesundheitsberichterstattung des Bundes. Heft 51. Robert Koch-Institut in Zusammenarbeit mit dem Statistischen Bundesamt. ISBN 978-3-89606-205-5. https://www.rki.de/DE/Content/Gesundheitsmonitoring/Gesundheitsberichterstattung/GBEDownloadsT/depression.pdf?__blob=publicationFile
- WHO. (2010). Burden of disease from environmental noise: Quantification of healthy life years lost in Europe. WHO. European Centre for Environmental and Health, Bonn.
- World Medical Association. (2013). Declaration of Helsinki: ethical principles for medical research involving humans. *Journal of the American Medical Association* 310(20): 2191-2194. doi: 10.1001/jama.2013.281053
- Wörn, J., Ellwardt, L., Aartsen, M., & Huisman, M. (2017). Cognitive functioning among Dutch older adults: Do neighborhood socioeconomic status and urbanity matter?. *Social Science & Medicine* 187: 29-38. doi: 10.1016/j.socscimed.2017.05.052
- Wunderli, J. M., Pieren, R., Habermacher, M., Vienneau, D., Cajochen, C., Probst-Hensch, N., Rösli, M. & Brink, M. (2016). Intermittency ratio: A metric reflecting short-term temporal variations of transportation noise exposure. *Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology* 26(6): 575. doi: 10.1038/jes.2015.56

- Xu, X., Ha, S. U., & Basnet, R. (2016). A review of epidemiological research on adverse neurological effects of exposure to ambient air pollution. *Frontiers in Public Health* 4: 157. doi: 10.3389/fpubh.2016.00157
- Zeeb, H., Hegewald, J., Schubert, M., Wagner, M., Dröge, P., Swart, E., & Seidler, A. (2017). Traffic noise and hypertension - results from a large case-control study. *Environmental Research* 157: 110-7. doi: 10.1016/j.envres.2017.05.019
- Zeiger, J., Starker, A., Lampert, L., Kuntz, B. (2018) Adult exposure to passive smoking in Germany (Fact Sheet). *Journal of Health Monitoring* 3(2):69-77. doi: 10.17886/RKI-GBE-2018-074
- Zijlema, W. L., Klijs, B., Stolk, R. P., & Rosmalen, J. G. (2015). (Un)healthy in the city: respiratory, cardiometabolic and mental health associated with urbanity. *PloS One* 10(12): e0143910. doi: 10.1371/journal.pone.0143910
- Zijlema, W. L., Wolf, K., Emeny, R., Ladwig, K. H., Peters, A., Kongsgård, H., ... & Lanki, T. (2016). The association of air pollution and depressed mood in 70,928 individuals from four European cohorts. *International Journal of Hygiene and Environmental Health* 219(2): 212-219. doi: 10.1016/j.ijheh.2015.11.006
- Zhang, X., Norton, J., Carriere, I., Ritchie, K., Chaudieu, I., & Ancelin, M. L. (2015). Risk factors for late-onset generalized anxiety disorder: results from a 12-year prospective cohort (the ESPRIT study). *Translational Psychiatry* 5: e536. doi: 10.1038/tp.2015.31
- Zock, J. P., Verheij, R., Helbich, M., Volker, B., Spreeuwenberg, P., Strak, M., ... & Groenewegen, P. (2018). The impact of social capital, land use, air pollution and noise on individual morbidity in Dutch neighbourhoods. *Environment international*, 121, 453-460. doi: 10.1016/j.envint.2018.09.008

A Anhang

A.1 Auflistung der Publikationen aus der Volltextsichtung

A.1.1 Eingeschlossene Publikationen

Auflistung in:

Schubert, M., Hegewald, J., Freiberg, A., Starke, K. R., Augustin, F., Riedel-Heller, S. G., ... & Seidler, A. (2019). Behavioral and emotional disorders and transportation noise among children and adolescents: a systematic review and meta-analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(18), 3336.

[IJERPH | Free Full-Text | Behavioral and Emotional Disorders and Transportation Noise among Children and Adolescents: A Systematic Review and Meta-Analysis \(mdpi.com\)](#)

Hegewald, J., Schubert, M., Freiberg, A., Romero Starke, K., Augustin, F., Riedel-Heller, S. G., ... & Seidler, A. (2020). Traffic noise and mental health: a systematic review and meta-analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(17), 6175.

[IJERPH | Free Full-Text | Traffic Noise and Mental Health: A Systematic Review and Meta-Analysis \(mdpi.com\)](#)

Auflistung auf Anfrage bei den Autoren erhältlich.

A.1.2 Ausgeschlossene Publikationen

Auflistung in:

Schubert, M., Hegewald, J., Freiberg, A., Starke, K. R., Augustin, F., Riedel-Heller, S. G., ... & Seidler, A. (2019). Behavioral and emotional disorders and transportation noise among children and adolescents: a systematic review and meta-analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(18), 3336.

[IJERPH | Free Full-Text | Behavioral and Emotional Disorders and Transportation Noise among Children and Adolescents: A Systematic Review and Meta-Analysis \(mdpi.com\)](#)

Hegewald, J., Schubert, M., Freiberg, A., Romero Starke, K., Augustin, F., Riedel-Heller, S. G., ... & Seidler, A. (2020). Traffic noise and mental health: a systematic review and meta-analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(17), 6175.

[IJERPH | Free Full-Text | Traffic Noise and Mental Health: A Systematic Review and Meta-Analysis \(mdpi.com\)](#)

Auflistung auf Anfrage bei den Autoren erhältlich.

A.2 Extraktionstabellen systematisches Review

Extraktionstabellen verfügbar unter:

Schubert, M., Hegewald, J., Freiberg, A., Starke, K. R., Augustin, F., Riedel-Heller, S. G., ... & Seidler, A. (2019). Behavioral and emotional disorders and transportation noise among children and adolescents:

a systematic review and meta-analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(18), 3336.

[IJERPH | Free Full-Text | Behavioral and Emotional Disorders and Transportation Noise among Children and Adolescents: A Systematic Review and Meta-Analysis \(mdpi.com\)](#)

Hegewald, J., Schubert, M., Freiberg, A., Romero Starke, K., Augustin, F., Riedel-Heller, S. G., ... & Seidler, A. (2020). Traffic noise and mental health: a systematic review and meta-analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(17), 6175.

[IJERPH | Free Full-Text | Traffic Noise and Mental Health: A Systematic Review and Meta-Analysis \(mdpi.com\)](#)

Auflistung auf Anfrage bei den Autoren erhältlich.

A.3 Formeln für die Expositions-Wirkungskurven %HA und %HSD

A.4 Tabellen Teilstudie 2

A.5 Beschreibung der Verkehrsentwicklung im Stadtgebiet Leipzig im Untersuchungszeitraum