
Aus dem Institut und Poliklinik für Arbeits-, Sozial- und Umweltmedizin
Klinik der Universität München
Direktor: Professor Dr. med. Dennis Nowak

Und

dem Bayerischen Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit
Sachgebiet für Umweltbezogenen Gesundheitsschutz
Leitung: Professorin Dr. med. Caroline Herr

***Exposition gegenüber Freizeidlärm und deren
Auswirkungen auf die Hörfähigkeit von
Jugendlichen und jungen Erwachsenen***

Dissertation
zum Erwerb des Doktorgrades der Humanbiologie
an der Medizinischen Fakultät der
Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von
Veronika Sophie Weinhhammer, MPH

aus

Landshut

Jahr
2022

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Berichterstatter: Prof. Dr. med. Caroline Herr

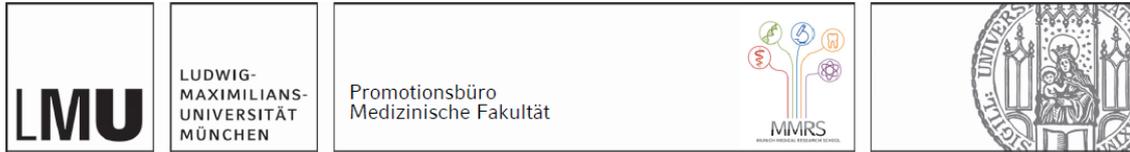
Mitberichterstatter: Prof. Dr. Robert Gürkov
Prof. Dr. Tobias Rader

Mitbetreuung durch den
promovierten Mitarbeiter: PD Dr. med. Stefanie Heinze, MPH

Dekan: Prof. Dr. med. Thomas Gundermann

Tag der mündlichen Prüfung: 09.03.2022

Affidavit



Eidesstattliche Versicherung

Weilnhammer, Veronika Sophie

Name, Vorname

Ich erkläre hiermit an Eides statt, dass ich die vorliegende Dissertation mit dem Titel:

Exposition gegenüber Freizeitlärm und deren Auswirkungen auf die Hörfähigkeit von Jugendlichen und jungen Erwachsenen

selbständig verfasst, mich außer der angegebenen keiner weiteren Hilfsmittel bedient und alle Erkenntnisse, die aus dem Schrifttum ganz oder annähernd übernommen sind, als solche kenntlich gemacht und nach ihrer Herkunft unter Bezeichnung der Fundstelle einzeln nachgewiesen habe.

Ich erkläre des Weiteren, dass die hier vorgelegte Dissertation nicht in gleicher oder in ähnlicher Form bei einer anderen Stelle zur Erlangung eines akademischen Grades eingereicht wurde.

München, den 17. August 2021

Veronika Sophie Weilnhammer

Ort, Datum

Unterschrift Doktorandin bzw. Doktorand

Inhaltsverzeichnis

Affidavit.....	3
Inhaltsverzeichnis	4
Abkürzungsverzeichnis	5
Publikationsliste.....	6
Beitrag zu den Veröffentlichungen	7
1.1 Beitrag zu Paper I.....	7
1.2 Beitrag zu Paper II.....	7
2. Einleitung.....	8
2.1 Hintergrund	8
2.1.1 Exposition gegenüber Lärm während Freizeitaktivitäten.....	9
2.1.2 Tinnitus	10
2.2 Die <i>Ohrkan</i> -Kohortenstudie	13
2.3 Veröffentlichung I	15
2.4 Veröffentlichung II	17
3. Zusammenfassung.....	18
4. Abstract.....	21
5. Paper I	23
6. Paper II	24
7. Literaturverzeichnis	25

Abkürzungsverzeichnis

dB(A)	Dezibel in A-Gewichtung
GFL	Gesamtfreizeitlärm
Hz	Hertz
ISO	International Organization for Standardization
kHz	Kilohertz
LGL	Bayerisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit
Ohrkan	Kohortenstudie Ohrkan zum Einfluss der Freizeitlärmexposition auf die Hörfähigkeit von Jugendlichen und jungen Erwachsenen
O1	Erste Erhebung bzw. Basiserhebung der Ohrkan Kohortenstudie (2009 – 2011)
O2	Zweite Erhebung bzw. erste Nacherhebung der Ohrkan Kohortenstudie (2012 – 2014)
O3	Dritte Erhebung bzw. zweite Nacherhebung der Ohrkan Kohortenstudie (2014 – 2016)
O4	Vierte Erhebung bzw. dritte Nacherhebung der Ohrkan Kohortenstudie (2017 – 2019)
PLD	Portable listening device (tragbares Musikabspielgerät)
StMGP	Bayerisches Staatsministerium für Gesundheit und Pflege
UKR	Universitätsklinikum Regensburg
WHO	World Health Organisation

Publikationsliste

Veröffentlichung I

Annegret Dreher, Veronika Weilhhammer, Doris Gerstner, Lana Hendrowarsito, Dorothee Twardella, Christina Reiter, Carmelo Perez-Alvarez, Thomas Steffens, Caroline Herr & Stefanie Heinze (2018). Longitudinal analysis of leisure noise exposure among adolescents with special focus on portable listening devices: the OHRKAN cohort study, *International Journal of Audiology*, 57:12, 889-897, DOI: [10.1080/14992027.2018.1510187](https://doi.org/10.1080/14992027.2018.1510187)

Veröffentlichung II

Veronika Weilhhammer, Doris Gerstner, Jonas Huß, Fabian Schreiber, Carmelo Alvarez, Thomas Steffens, Caroline Herr & Stefanie Heinze (2021). Exposure to leisure noise and intermittent tinnitus among young adults in Bavaria: longitudinal data from a prospective cohort study, *International Journal of Audiology*, 61:2, 89-96, DOI: [10.1080/14992027.2021.1899312](https://doi.org/10.1080/14992027.2021.1899312)

Beitrag zu den Veröffentlichungen

Für die vorliegende Dissertation wurden Daten der *Ohrkan*-Kohortenstudie (siehe Kapitel 2.2) herangezogen. Die Doktorandin war im Rahmen der *Ohrkan*-Studie maßgeblich an der Organisation, Koordination und Durchführung ab der zweiten Nacherhebung beteiligt. Dies beinhaltete die Mitarbeit an der Überarbeitung der Fragebögen, der logistischen Planung der Befragungen, der Organisation und Durchführung des Erinnerungsverfahrens, um die Probanden an die Teilnahme zu erinnern, sowie die Erarbeitung von Analysekonzepten zur Auswertung der Daten hinsichtlich verschiedener Forschungsfragen im Rahmen der *Ohrkan*-Studie. Zudem wurden die Daten aus der *Ohrkan*-Studie für Masterarbeiten herangezogen. Dabei übernahm die Verfasserin der vorliegenden Dissertation die Betreuung der Masterstudent*innen.

1.1 Beitrag zu Paper I

Über die oben beschriebene Leistung im Rahmen der Studiendurchführung hinaus war die Doktorandin als Zweit-Autorin am Paper I beteiligt. Im Rahmen dieser Co-Autorenschaft war die Doktorandin in die Konzeption und Entwicklung der Fragestellung sowie in die Erarbeitung des Analysekonzeptes maßgeblich involviert. Zudem arbeitete die Doktorandin maßgeblich an der Erstellung des Publikationsmanuskriptes mit und unterstützte die Veröffentlichung. Für das Jahr der Veröffentlichung 2018 lag der Impact Factor des Journals bei 1,821.

1.2 Beitrag zu Paper II

Die zweite Veröffentlichung verfasste die Autorin der vorliegenden Dissertation als Erstautorin. Mit Unterstützung der Co-Autor*innen erarbeitete die Doktorandin die Forschungsfrage mit zugehörigen Hypothesen sowie das Auswertungskonzept. Die Analysen wurden in SAS eigenständig von der Autorin der vorliegenden Dissertation durchgeführt. Ebenso wurde das Publikationsmanuskript eigenständig von der Autorin erstellt. Die Anmerkungen und Änderungsvorschläge der Co-Autor*innen wurden von der Erstautorin bearbeitet und das Manuskript zur Veröffentlichung eingereicht. Die Revision wurde ebenfalls durch die Autorin bearbeitet, wobei sie in ständigem Austausch mit den Co-Autor*innen stand. Zur Abgabe der vorliegenden Dissertation lag der Impact Factor des Journals für das Publikationsjahr noch nicht vor. Der zuletzt veröffentlichte Impact Factor lag bei 2,117 für das Jahr 2020.

2. Einleitung

2.1 Hintergrund

Das menschliche Gehör ist immer wieder verschiedenen Lärmquellen ausgesetzt. Neben Straßenverkehr und Transport (WHO, 2018), spielen vor allem die Exposition gegenüber Arbeitslärm (Feder et al., 2017) und hohe Schalldruckpegel bei Freizeitaktivitäten (Jokitulppo et al., 2006) eine große Rolle in der sogenannten Lebenszeitexposition gegenüber Lärm. Die damit verbundenen gesundheitlichen Auswirkungen werden seit Jahrzehnten unter diversen Gesichtspunkten untersucht. Neben Zusammenhängen von Lärmexposition und bspw. kardiovaskulären Parametern (Babisch & Kamp, 2009; Basner et al., 2014) oder Stress (Baigi et al., 2011), sind die Auswirkungen auf die Hörfähigkeit (Hörschwellenverschiebungen, Tinnitus) von exponierten Personen Gegenstand der Forschung. Vor allem der Verlust der Hörfähigkeit kann bei Betroffenen die Kommunikation mit dem sozialen Umfeld erschweren bzw. stark einschränken, sich auf das tägliche Leben auswirken und Gefühle wie Einsamkeit, Isolation und Frustration nach sich ziehen (WHO, 2020). Auch Tinnitus kann aufgrund einer Exposition gegenüber Lärm entstehen (Gilles et al., 2013; Masterson et al., 2016; Shargorodsky et al., 2010), Stress verursachen und die Lebensqualität der Betroffenen stark einschränken (Oiticica & Bittar, 2015; Vogel et al., 2014). Um das Risiko am Arbeitsplatz für Hörschäden zu minimieren, sind Arbeitgeber in Deutschland zur Umsetzung technischer, organisatorischer und persönlicher Maßnahmen verpflichtet (LärmVibrationsArbSchV, 2007). Die Internationale Organisation für Normung empfiehlt in ihren Richtlinien, dass eine Exposition gegenüber 85 dB(A) über eine 40-stündige Arbeitswoche nicht überschritten werden sollte (ISO, 1990). Bei einer Exposition von mehr als 85 dB(A) kann eine Schädigung des Gehörs nicht ausgeschlossen werden, weshalb Schutzmaßnahmen ergriffen werden müssen (ISO, 2013).

Bereits vor der Exposition gegenüber Arbeitslärm, welcher erst mit dem Start ins Berufsleben einen Beitrag zur Lebenszeitexposition gegenüber Lärm leisten kann (Feder et al., 2017), kann es im Kindesalter, bei Jugendlichen und jungen Erwachsenen zu einer Lärmexposition während Freizeitaktivitäten kommen (Jokitulppo et al., 2006). Im Gegensatz zu Arbeitslärm, unterliegen lärmintensive Freizeitaktivitäten, wie bspw. der Besuch von Nachtclubs, keinen vergleichbaren gesetzlichen Regelungen (Vogel, van der Ploeg, et al., 2009). Zudem werden hohe Schalldruckpegel während selbstgewählten Freizeitaktivitäten kaum als Risiko wahrgenommen (Hunter, 2018), weshalb Exponierte seltener Schutzmaßnahmen ergreifen (Vogel et al., 2008). Eine Exposition gegenüber

Freizeitlärm kann daher bei Jugendlichen und jungen Erwachsenen das Risiko für eine Minderung der Hörfähigkeit erhöhen (Biassoni et al., 2005; Carter et al., 2014; le Clercq et al., 2016) bzw. das Auftreten von Tinnitus begünstigen (Degeest et al., 2017; Lee & Kim, 2018; Williams & Carter, 2017).

2.1.1 Exposition gegenüber Lärm während Freizeitaktivitäten

Schätzungen der Weltgesundheitsorganisation (WHO) zufolge exponieren sich weltweit etwa 1,1 Milliarden Jugendliche und junge Erwachsene zwischen 12 und 35 Jahren in ihrer Freizeit Schalldruckpegel, die das Risiko für eine Beeinträchtigung der Hörfähigkeit erhöhen (WHO, 2020). Die Erfassung der Freizeitlärmexposition stellt Wissenschaftler*innen immer wieder vor Herausforderungen. Denn bei der ganzheitlichen Betrachtung der Freizeitlärmexposition gilt es, möglichst alle potentiellen Lärmquellen, die bei der Freizeitgestaltung eine Rolle spielen können, zu berücksichtigen. Dies macht Messungen aufwändig und teuer. Da sich musikbezogene Freizeitaktivitäten vor allem bei Jugendlichen und jungen Erwachsenen großer Beliebtheit erfreuen, stehen diese Aktivitäten immer wieder im Fokus von wissenschaftlichen Untersuchungen hinsichtlich ihrer Auswirkung auf die Hörfähigkeit der Exponierten. Bei Messungen in Nachtclubs konnte gezeigt werden, dass dort häufig hohe Schalldruckpegel von 100-110 dB(A) vorliegen (Serra et al., 2005; Zenner et al., 1999). Unter Berücksichtigung der Expositionsdauer würde bereits nach wenigen Minuten ein Expositionsäquivalent erreicht sein, bei welchem eine Schädigung des Gehörs nicht mehr ausgeschlossen werden kann (ISO, 2013). Ebenso werden in der Literatur hohe Schalldruckpegel während Live-Konzerten berichtet (Derebery et al., 2012; Keppler et al., 2015). Das Musikhören über tragbare Abspielgeräte (portable listening devices, PLD, z.B.: MP3-Player, Smartphones, etc.) nimmt unter den musikbezogenen Freizeitaktivitäten eine besondere Stellung ein. Neben zunehmender Akkulaufzeit und Speicherkapazitäten der Geräte, stieg seit deren Einführung in den 1980er Jahren auch der Anteil an Personen, die ein PLD besitzen und dieses täglich nutzen (Lee et al., 2014; Vogel, Verschuure, et al., 2009). Daher wird angenommen, dass die zunehmende Nutzung von PLD zu einer Zunahme der Freizeitlärmexposition führt (Levey et al., 2011). Darüber hinaus konnte gezeigt werden, dass mit PLD sehr hohe Schalldruckpegel erreicht werden können, die bei häufiger PLD-Nutzung zu einer Schädigung des Gehörs beitragen können (Fligor & Cox, 2004; Portnuff et al., 2011; Williams, 2005). Andere lärmintensive Freizeitaktivitäten ohne Musikbezug, wie Besuche von Sportgroßveranstaltungen oder Heimwerken (mit elektrischen Geräten wie Bohrmaschinen), werden bei der Erfassung einer Freizeitlärmexposition in Studien bislang selten berücksichtigt.

Hunter (2018) konnte in ihrer Befragung von jungen Erwachsenen verschiedene Gründe identifizieren, weshalb diese bei lauten Freizeitaktivitäten selten Maßnahmen zum Schutz des Gehörs ergreifen. Zum einen gaben die Befragten an laute Musik zu genießen. Zum anderen spielte das Nutzungsverhalten von Gehörschutz unter Gleichaltrigen eine Rolle, da die Befragten nicht aus ihrer Gruppe herausstechen wollten (Hunter, 2018). Zudem waren sich die Befragten oft des Risikos für eine Beeinträchtigung des Hörvermögens und Tinnitus durch eine Freizeitlärmexposition nicht bewusst und nutzten daher keinen Gehörschutz (Hunter, 2018). Aufgrund des verhaltenen Einsatzes von Gehörschutz während Freizeitaktivitäten und der zur Verfügung stehenden Freizeit bzw. deren Gestaltung mit lärmintensiven Aktivitäten, stehen bei Studien zu den Auswirkungen von Freizeitlärm auf das Gehör häufig Jugendlichen und jungen Erwachsenen im Fokus. Bisher wurde die Assoziation zwischen Freizeitlärm und Hörfähigkeit bzw. Tinnitus bei Jugendlichen und jungen Erwachsenen jedoch fast nur in Querschnitt-Studien untersucht. Vereinzelt wurden Längsschnittstudien durchgeführt, der Untersuchungszeitraum betrug jedoch wenige Jahre und der Fokus lag vor allem auf musikbezogenen Freizeitaktivitäten (Biassoni et al., 2014; Biassoni et al., 2005). Arbeitsmedizinische Betrachtungen haben jedoch gezeigt, dass es bis zu zehn Jahre dauern kann, ehe sich Auswirkungen von Lärm auf das Gehör Beeinträchtigungen bemerkbar machen (ISO, 2013). Daher sind Untersuchungen zur Hörfähigkeit und dem Auftreten von Tinnitus im Zusammenhang mit einer Exposition gegenüber Freizeitlärm über einen längeren Zeitraum hinweg von großer Bedeutung.

2.1.2 Tinnitus

Tinnitus wird meist als Rauschen, Pfeifen oder pulsierendes Geräusch ohne externe Schallquelle beschrieben (Baigi et al., 2011; Oiticica & Bittar, 2015). Dabei wird zwischen verschiedenen Ausprägungen von Tinnitus unterschieden. Ohrgeräusche, die länger als drei Monate anhalten, werden als chronischer Tinnitus bezeichnet (AWMF, 2015). Bei einer Wahrnehmung von Rauschen, Pfeifen oder pulsierende Geräusche über einen begrenzten Zeitraum spricht man von akutem bzw. temporärem Tinnitus (Mazurek et al., 2010). Bei episodischem bzw. intermittierendem Tinnitus hingegen treten in nahezu regelmäßigen Abständen immer wieder Episoden mit Tinnitus auf, wobei sich diese mit Phasen ohne Ohrengeräusche abwechseln (Humphriss et al., 2016; Oiticica & Bittar, 2015). Schwerwiegende Formen von Tinnitus können zu starker Belästigung sowie einer Beeinträchtigung des täglichen Lebens und der Lebensqualität von Betroffenen führen (Mazurek et al., 2010; Oiticica & Bittar, 2015) und in Folge dessen Depressionen und/

oder Angststörungen begünstigen (Baigi et al., 2011; Nondahl et al., 2011; Oiticica & Bittar, 2015; Shargorodsky et al., 2010).

2.1.2.1 Ätiologie und Pathophysiologie

Eine gestörte Hörwahrnehmung äußert sich häufig in Form von Tinnitus, wobei unterschiedliche Ursachen zu Grunde liegen können bzw. das Auftreten von Tinnitus durch verschiedene Faktoren begünstigt werden kann. In der Literatur werden verschiedenste Risikofaktoren von Tinnitus untersucht und diskutiert. Dabei stehen vor allem psychische Belastungsfaktoren sowie Beeinträchtigungen der psychischen Gesundheit im Fokus. Unabhängig von Alter erhöhen Stress (Baigi et al., 2011; Park & Moon, 2014), Angststörungen (Shargorodsky et al., 2010) oder Depressionen (Nondahl et al., 2011; Vogel et al., 2014) das Risiko eine Form von Tinnitus zu entwickeln. Umgekehrt erhöht das Auftreten von Tinnitus das Risiko für Stress, Angststörungen oder Depressionen (AWMF, 2015). Zudem wurde der Zusammenhang zwischen Rauchen (jemals vs. niemals) und Tinnitus bereits mehrfach untersucht. Veile et al. (2018) fassten die bisherigen Erkenntnisse dazu in einer systematischen Literaturarbeit zusammen, wobei Raucher (ehemals oder derzeit) ein erhöhtes Risiko für das Auftreten eines Tinnitus im Vergleich zu Nicht-Rauchern haben. Ein Zusammenhang zwischen der Exposition gegenüber Passivrauch und Tinnitus konnte nicht gezeigt werden (Money & Ramkissoon, 2019). Für andere ototoxische Substanzen, wie bspw. Medikamente oder Abgase, wurde ebenfalls eine Assoziation mit Tinnitus berichtet (Dille et al., 2010; Kirk et al., 2011). Darüber hinaus wird ein erhöhtes Risiko für Tinnitus in Zusammenhang mit verschiedenen Erkrankungen berichtet. In einer Studie von Aarhus et al. (2020) wurde eine Assoziation zwischen dem Auftreten von Otitis Media (Mittelohrentzündung) im Kindesalter und Tinnitus im Erwachsenenalter berichtet. Als eine der Hauptursache für Tinnitus wird vor allem die Exposition gegenüber Lärm und eine damit verbundene Lärmschwerhörigkeit beschrieben (Hesse, 2016).

Ungeachtet der Ursache entsteht Tinnitus als Folge einer „Schädigung in irgendeiner Station der Hörbahn“, was wiederum in einer Veränderung der Hörwahrnehmung münden kann (Hesse, 2016), wobei Tinnitus in verschiedenen Formen auftreten kann (bspw. objektiv/ subjektiv, akut/ chronisch) (AWMF, 2015). Sogenannter objektivierbarer Tinnitus hat im wesentlichen vaskuläre bzw. muskuläre Ursachen, welche als Ohrgeräusche von Außenstehenden wahrgenommen werden können, kommt allerdings sehr selten vor. Subjektiver, von außen nicht hörbarer Tinnitus kann hingegen derzeit mithilfe audiologischer Untersuchungen noch nicht nachgewiesen werden. Bei Patient*innen mit Hörverlust entspricht der wahrgenommene Tinnitus meist der Frequenz des größten Hörverlustes. Liegt jedoch keine Beeinträchtigung der

Hörfähigkeit vor, wird von „einer generellen Überreizung“ bzw. „Fehlverarbeitung der Hörbahn“ als Ursache des Tinnitus ausgegangen (Hesse, 2016). Hinsichtlich pathophysiologischer Prozesse, vor allem im Innenohr, beruht „nach wie vor ein wesentlicher Teil wissenschaftlicher Auseinandersetzung und Forschung auf Theorien und Modellen [...]“, gerade Tiermodelle sind nur begrenzt auf den Menschen übertragbar (Hesse, 2016). Obwohl sich pathogenetische Ursachen voneinander unterscheiden können, kommt es meist zu sehr ähnlichen molekularbiologischen Veränderungen in peripheren bzw. zentralen Anteilen des auditorischen Systems (Mazurek & Szczepek, 2016). Periphere Strukturen sind die inneren und äußeren Haarzellen, nicht mehr teilungsfähige Epithelzellen, mit sog. Stereozilien an deren oberem Ende. Für eine synchrone Bewegung der Stereozilien sorgt eine Verbindung über sog. Tip-Links. Durch eine Lärmexposition können diese Tip-Links verloren gehen, was wiederum zu einer fehlgesteuerten Depolarisation in den Haarzellen, einer vermehrten Freisetzung von Glutamat bzw. einer Neuronenaktivierung führen kann. Über den Hörnerv wird das an den inneren Haarzellen entstandene Aktionspotential weiter zum zentralen Nervensystem geleitet. Bei einer Störung an den zentralen Strukturen (Nuclei cochlearis ventralis und dorsalis, Colliculus inferior, oberer Olivenkomplex, Corpus geniculatum mediale, primärer und sekundärer Kortex) kann es zu einer fehlerhaften Signalverarbeitung kommen, was wiederum zu einer Aktivierung der Hörzentren führen kann (Mazurek & Szczepek, 2016). Burkart et al. (2019) merken jedoch an, dass bisherige Erklärungsmodelle von dauerhaften Veränderungen des auditorischen Systems ausgingen, was sich nur bedingt auf bspw. intermittierenden Tinnitus übertragen ließe. Möglicherweise sind bei intermittierendem Tinnitus noch andere Faktoren zu berücksichtigen, um den Wechsel von Perioden mit und ohne Ohrgeräusche zu erklären.

2.1.2.2 Epidemiologie

Verschiedene systematische Literaturübersichten kamen zu dem Ergebnis, dass, je nach zugrundeliegender Definition, verwendeten Fragen zur Erfassung von subjektivem Tinnitus und untersuchter Studienpopulation, die Prävalenz von Tinnitus sehr stark variiert (Lee & Kim, 2018; McCormack et al., 2016; Rosing et al., 2016). In den Studien von McCormack et al. (2016), Rosing et al. (2016) und Lee and Kim (2018) wurden Prävalenzen zwischen 5% und 47% bei Kindern, Jugendlichen und jungen Erwachsenen berichtet. Verschiedene epidemiologische Studien konnten darüber hinaus zeigen, dass auftretender Tinnitus am häufigsten als episodisch bzw. intermittierend beschrieben wird (Moore et al., 2017; Oiticica & Bittar, 2015). Mit zunehmendem Alter scheint sich zudem die Charakteristik von Tinnitus zu verändern. Während intermittierender Tinnitus vor

allem bei jüngeren Studienteilnehmer*innen auftrat, berichteten Erwachsene höheren Alters eher von chronischem Tinnitus (Moore et al., 2017).

Auch im Hinblick auf Tinnitus sind Kohortenstudien über einen längeren Zeitraum von großer Bedeutung. Dabei ließe sich beobachten, ob sich die Charakteristik von Tinnitus im gleichen Kollektiv mit zunehmendem Alter verändert, wie bisher angenommen (Moore et al., 2017). Bei einer Kohorte von Jugendlichen und jungen Erwachsenen ließe sich zudem der Zusammenhang zwischen einer sich ändernden Freizeitlärmexposition und intermittierendem Tinnitus untersuchen. Dabei könnte das Auftreten von Tinnitus in regelmäßigen Abständen erhoben werden, wodurch genauere Informationen zu Episoden mit bzw. ohne Tinnitus generiert werden könnten als bei Querschnittstudien.

2.2 Die *Ohrkan*-Kohortenstudie

Um die Auswirkungen von Freizeitlärm auf das Gehör von Jugendlichen und jungen Erwachsenen über einen Zeitraum von mindestens zehn Jahren zu untersuchen, startete mit dem Schuljahr 2009/2010 die Kohortenstudie *Ohrkan*. Dabei handelt es sich um eine prospektive, geschlossene Kohortenstudie, welche vom Bayerischen Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit (LGL) in Zusammenarbeit mit der Klinik und Poliklinik für Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde des Universitätsklinikums Regensburg (UKR) durchgeführt wird. Hierzu wurden alle Schüler*innen der neunten Jahrgangsstufe aller weiterführenden Schulen in Regensburg in den Schuljahren 2009/2010 und 2010/2011 angeschrieben und zur Studienteilnahme eingeladen (Twardella et al., 2013). Bisher wurden insgesamt vier Erhebungsrounds abgeschlossen, diese werden im Folgenden als O1 (Basiserhebung), O2 (erste Nacherhebung), O3 (zweite Nacherhebung) und O4 (dritte Nacherhebung) bezeichnet. Die vierte Nacherhebung (O5) war für die Jahre 2020 und 2021 geplant, musste aufgrund der COVID-19 Pandemie jedoch unterbrochen werden. Von insgesamt N=3846 eingeladenen Schüler*innen nahmen n=2148 Jugendliche und junge Erwachsene (56%) an mindestens einer Erhebung teil (O1: n=2148; O2: n=1707; O3: n=1320; O4: n=1441). Mittels Fragebogen werden seit der Basiserhebung alle zweieinhalb Jahre Daten zu soziodemographischen Variablen (Alter, Geschlecht, Anzahl der Geschwister, usw.), dem Rauchverhalten, Daten zur Expositionsabschätzung sowie Daten zu Tinnitus und selbstberichteten Hörfähigkeit erhoben. Zudem werden die Teilnehmer*innen seit O1 alle fünf Jahre am UKR audiologisch untersucht. Da für die vorliegende Dissertation die Daten aus den Fragebögen verwendet wurden, werden die audiometrischen Untersuchungen an dieser Stelle nicht näher beschrieben. Eine detaillierte Darstellung dieser Untersuchungen findet sich bei Twardella et al. (2013).

Um eine möglichst hohe Rücklaufquote zu erreichen, wird in der *Ohrkan*-Studie ein mehrstufiges Erinnerungsverfahren angewendet. Zunächst werden die Fragebögen postalisch an die Teilnehmer*innen versendet. Trifft der Fragebogen mit dem Hinweis „Unbekannt verzogen“ wieder beim Studienteam ein, werden die Teilnehmer*innen zusätzlich über die Einwohnermeldeämter nachverfolgt. Gehen innerhalb von zwei Wochen keine Dokumente beim Studienteam ein, erhalten die Teilnehmer*innen eine schriftliche Erinnerung per Post. Ist diese Erinnerung nicht erfolgreich, wird versucht die Teilnehmer*innen in vier Runden telefonisch zu erreichen und in einem kurzen Gespräch zur Teilnahme an der Befragung zu erinnern bzw. zu motivieren. Eine Runde gilt als abgeschlossen, wenn entweder der/die Teilnehmer*in selbst gesprochen wurde oder neun Versuche der Kontaktaufnahme erfolglos waren. Um die Teilnahmebereitschaft zu erhöhen, zeigten zudem Incentives Wirkung. Sobald die Fragebögen beim Studienteam eingetroffen sind, erhalten die Teilnehmer einen Gutschein in Höhe von 20€. Diese Strategien zur Aufrechterhaltung der Kohorte führte dazu, dass bislang n=1886 (88%) Personen in der Studie gehalten werden konnten und im Zuge der vierten Nacherhebung kontaktiert werden können. N=263 (12%) der Teilnehmer*innen waren seit der Basiserhebung entweder unbekannt verzogen und konnten nicht mehr über die Einwohnermeldeämter ausfindig gemacht werden oder verweigerten die Teilnahme an der Kohortenstudie. Bezogen auf die verfügbaren Teilnehmer*innen lag die Rücklaufquote der Fragebögen bei den bisherigen Erhebungen zwischen 64% und 80%.

Zur Abschätzung der Exposition gegenüber Freizeitlärm werden die Angaben der Teilnehmer*innen im Fragebogen genutzt. Insgesamt wird zu 18 Freizeitaktivitäten erhoben wie lange und wie häufig die Teilnehmer*innen der jeweiligen Aktivität nachgehen (Minuten bzw. Stunden pro Tag, pro Woche, pro Monat, teils Stunden pro Jahr). Um daraus die Freizeitlärmexposition zu berechnen, wurden Schalldruckpegel zu den jeweiligen Freizeitaktivitäten aus der Literatur herangezogen bzw. in Abstimmung mit Experten festgelegt (siehe Dehnert et al., 2015). Hinsichtlich der Nutzung von PLD wird neben Nutzungsdauer und –Häufigkeit zusätzlich die Lautstärkeneinstellung auf einer Skala von 0-100% erfragt und anschließend in Schalldruckpegel überführt (siehe Twardella et al., 2017). Um den Schalldruckpegel ($L_{Aeq, tot}$, Median des äquivalenten kontinuierlichen Schalldruckpegels in dB(A)-Gewichtung) der insgesamt 18 Freizeitaktivitäten zu berechnen, wird die Formel

$$(1) \quad L_{eq,tot} = 10 \cdot \lg \left[\frac{1}{T_{tot}} \sum_{j=1}^N T_j \cdot 10^{0,1 L_{Aeq,j}} \right] \text{ dB}$$

(ISO, 2013) verwendet. Anschließend wird $L_{Aeq, tot}$ auf eine Arbeitswoche von 40 Stunden extrapoliert, um die Vergleichbarkeit der Exposition mit den Grenzwerten aus dem

Arbeitsschutz (LärmVibrationsArbSchV, 2007) zu ermöglichen. Zur Berechnung wird folgende Gleichung verwendet (ISO, 1990):

$$(2) \quad L_{Aeq, 40h} = L_{eq, tot} + 10 \lg(T_{tot}/40)$$

Eine detaillierte Beschreibung der Berechnungen der wöchentlichen Freizeitlärmexposition sowie aller Variablen findet sich bei Dehnert et al. (2015).

Neben der audiometrischen Untersuchung der Hörfähigkeit (siehe Twardella et al., 2013) wird in *Ohrkan* das Auftreten von Tinnitus erhoben. Da es sich bei Tinnitus in den meisten Fällen um eine subjektive auditive Wahrnehmung handelt, erfolgt die Erhebung über den Fragebogen. Um die in *Ohrkan* erhobenen Daten mit internationalen Studien vergleichen zu können, wurde die Fragestellung an die NHANES-Erhebung in den USA (Mahboubi et al., 2013) angelehnt. Den Teilnehmer*innen wurden in O1 folgende Fragen hinsichtlich des Auftretens von Tinnitus gestellt: „Hattest Du schon einmal einen Tinnitus, das heißt ein Pfeifen oder Rauschen im Ohr?“ mit den Antwortmöglichkeiten „Nein, noch nie“, „Ja, hatte ich bisher einmal“ und „Ja; hatte ich schon mehrmals“. Zudem wurde nach der Dauer des Tinnitus gefragt („Wie lange hat das Pfeifen oder Rauschen angehalten? Wenn Du schon mehrmals einen Tinnitus hattest, bitte gib die längste Dauer an.“). Die Teilnehmer*innen konnten die Dauer in Minuten, Stunden bzw. Tagen als Freitext angeben. Seit O2 wird das Auftreten von Tinnitus mit der Frage „Hatten Sie seit der letzten Befragung Tinnitus (d.h. ein Pfeifen oder Rauschen im Ohr), der länger als 5 Minuten dauerte?“ (Antwortmöglichkeiten: „Nein, seit der letzten Befragung nie“, „Ja, aber nicht häufig“, „Ja, häufig oder immer“) erfasst.

Die *Ohrkan*-Kohortenstudie bildet die Datengrundlage der vorliegenden Dissertation. Ziel der Dissertation ist es zum einen die Freizeitlärmexposition näher zu beleuchten. Dabei liegt der Fokus auf Veränderungen der Exposition bei Jugendlichen und jungen Erwachsenen im Verlauf von fünf Jahren. Zudem wird untersucht, ob ein Zusammenhang zwischen einer riskanten Exposition und bestimmten soziodemographischen Merkmalen besteht (Veröffentlichung I). Zum anderen liegt der Fokus darauf zu untersuchen, ob eine Assoziation zwischen der Freizeitlärmexposition und dem Auftreten von intermittierendem Tinnitus über einen Zeitraum von siebeneinhalb Jahren vorliegt (Veröffentlichung II).

2.3 Veröffentlichung I

Trotz weniger Längsschnittstudien ist davon auszugehen, dass sich mit zunehmendem Alter das Freizeitverhalten von Jugendlichen und jungen Erwachsenen verändert und damit auch die Exposition gegenüber Freizeitlärm. Um effektive Präventionsprogramme

zu entwickeln bedarf es einer longitudinalen Betrachtung, welche lärmintensiven Freizeitaktivitäten in welchem Alter bei Jugendlichen und jungen Erwachsenen hauptsächlich für die Exposition gegenüber Freizeitlärm verantwortlich sind.

Hinsichtlich einer Lärmexposition gelten vor allem junge Menschen als besonders vulnerabel, was nicht etwa durch eine erhöhte physiologische Lärmsensibilität bei Kindern, Jugendlichen und jungen Erwachsenen begründet ist. Vielmehr würden in diesem Alter Strategien fehlen, um mit Lärm umzugehen bzw. sich davor zu schützen (van Kamp & Davies, 2013). Da lautes Musik hören oder Lärm während Freizeitaktivitäten oft nicht als störend empfunden und daher nicht unbedingt als schädigend eingeschätzt wird, könnten Jugendliche in ihrer Freizeit besonders gefährdet sein, sich hohen Schalldruckpegeln auszusetzen (Muchnik et al., 2012). Gerade der Umgang mit PLD erfolgt oft unbewusst. Obwohl sich Jugendliche teilweise darüber im Klaren sind, dass lautes Musikhören ein Risiko für eine Beeinträchtigung der Hörfähigkeit darstellt, wird dieser Zusammenhang selten auf das eigene Verhalten und die PLD-Nutzung übertragen. Daher ist es nicht verwunderlich, dass sich nur ein kleiner Teil Sorgen um die eigene Hörfähigkeit macht (Muchnik et al., 2012). Bisher wurde vor allem der Einfluss von Alter und Geschlecht untersucht, um zu erklären, warum sich manche Jugendlichen und junge Erwachsene in ihrer Freizeit sehr hohen Schalldruckpegeln aussetzen, während andere ihr Gehör schützen oder weniger lärmintensiven Freizeitaktivitäten nachgehen (Vogel et al., 2011). Andere soziodemografische Variablen, wie bspw. alleinerziehende Eltern, oder gesundheitsbezogene Determinanten wurden in diesem Zusammenhang bisher nur vereinzelt untersucht (Vogel et al., 2011; Vogel, Verschuur, et al., 2009).

Daher lag der Fokus von Veröffentlichung I zum einen darauf, inwiefern sich die Exposition gegenüber Freizeitlärm bei den Teilnehmer*innen der *Ohrkan-*Kohortenstudie über einen Zeitraum von fünf Jahren verändert. Im Längsschnitt wurden dazu untersucht, wie sich die Höhe der Freizeitlärmexposition verändert und welche einzelne Freizeitaktivitäten zu welchem Untersuchungszeitpunkt besonders relevant sind. Besonderes Interesse galt dabei der Nutzung von PLD. Zum anderen war es Ziel von Veröffentlichung I explorativ und im Längsschnitt zu untersuchen, ob eine Assoziation zwischen soziodemographischen Variablen bzw. Gesundheitsdeterminanten und einer riskanten Exposition (≥ 85 dB(A)) gegenüber Freizeitlärm bzw. PLD vorliegt.

2.4 Veröffentlichung II

Obwohl in populationsbasierten, epidemiologischen Studien gezeigt werden konnte, dass Tinnitus am häufigsten intermittierend auftritt (Moore et al., 2017; Oiticica & Bittar, 2015), gibt es bislang für diese Form von Tinnitus keine etablierte Definition (Koops et al., 2019). Zudem gibt es nur wenige Studien, in welchen intermittierender Tinnitus im Fokus steht. Weiterhin wird in Leitlinien bezüglich Diagnostik und Therapie lediglich zwischen akutem und chronischem Tinnitus unterschieden (vgl. AWMF, 2015). Während chronischer Tinnitus vor allem von älteren Personen berichtet wird, tritt episodischer bzw. intermittierender Tinnitus vor allem bei Jugendlichen und jüngeren Erwachsenen auf (Moore et al., 2017). Es wird vermutet, dies könnte ein Indiz dafür sein, dass das Auftreten von episodischem Tinnitus in jüngeren Jahren die Entstehung von chronischem Tinnitus mit zunehmendem Alter begünstigt (Moore et al., 2017). Obwohl diese Form von Tinnitus vor allem von Jugendlichen und junge Erwachsene berichtet wird, stehen bisher bei den wenigen publizierten Studien vor allem Erwachsene im Fokus (vgl. Burkart et al., 2019; Koops et al., 2019; Moore et al., 2017). Darüber hinaus ist davon auszugehen, dass die Exposition gegenüber Lärm auch bei der Entstehung von intermittierendem Tinnitus relevant ist. Bei Jugendlichen und jungen Erwachsenen tragen vor allem lärmintensive Freizeitaktivitäten zur Lärmexposition bei. Dieser Zusammenhang wurde bei Jugendlichen und jungen Erwachsenen bisher vor allem im Querschnitt untersucht (vgl. Williams & Carter, 2017). Dreher et al. (2018) konnten allerdings in ihrer Längsschnittstudie zeigen, dass sich das Freizeitverhalten von Jugendlichen und jungen Erwachsenen zwischen 15 und 20 Jahren mit zunehmendem Alter verändern kann. Während einige lärmintensive Freizeitaktivitäten im Verlauf von fünf Jahren an Bedeutung verlieren (bspw. Ballsport in der Halle), werden andere wiederum wichtiger (Besuch von Diskotheken/ Clubs). Darüber hinaus veränderte sich die Gesamtexposition gegenüber Freizeitlärm über den Untersuchungszeitraum (Dreher et al., 2018). Um diese zeitlichen Veränderungen der Freizeitlärmexposition im Zusammenhang mit dem Auftreten von intermittierenden Tinnitus zu berücksichtigen, sind Längsschnittuntersuchungen von großer Bedeutung.

Daher war es Ziel der zweiten Veröffentlichung den Zusammenhang zwischen der Exposition gegenüber Freizeitlärm und dem Auftreten von intermittierendem Tinnitus bei Jugendlichen und jungen Erwachsenen über einen Untersuchungszeitraum von siebeneinhalb Jahren zu untersuchen. Wie für Veröffentlichung I wurden dazu die Daten der *Ohrkan*-Kohorte herangezogen und im Längsschnitt ausgewertet.

3. Zusammenfassung

Hintergrund:

Bei verschiedenen Freizeitaktivitäten, wie bspw. der Besuch von Clubs und Diskotheken oder Pop-Konzerten, konnten in der Vergangenheit immer wieder hohe Schalldruckpegel gemessen werden. Untersuchungen im Arbeitskontext konnten zeigen, dass eine Lärmexposition von mehr als 85 dB(A) extrapoliert auf eine 40-stündige Arbeitswoche das Risiko für eine Beeinträchtigung des Gehörs erhöht. Daher ist nicht auszuschließen, dass die Teilnahme an lärmintensiven Freizeitaktivitäten mit Symptomen, wie Hörschwellenverschiebungen oder Tinnitus, in Zusammenhang steht. Teilweise exponieren sich Jugendliche und junge Erwachsene in ihrer Freizeit gegenüber sehr hohen Schalldruckpegeln, die mit einer Risikoerhöhung für Schädigungen des Gehörs einhergehen können. Zudem wird vermutet, dass sich Beeinträchtigungen des Gehörs bei Jugendlichen und jungen Erwachsenen vor allem in Form von intermittierenden Tinnitus äußern. Ziel von Veröffentlichung I ist es, über einen Zeitraum von fünf Jahren zu untersuchen, wie sich die Freizeitlärmexposition bei Jugendlichen und jungen Erwachsenen qualitativ und quantitativ verändert und welche soziodemographische Determinanten mit einer riskanten Exposition zusammenhängen. In Veröffentlichung II wird in der gleichen Kohorte der Zusammenhang zwischen einer Freizeitlärmexposition und dem Auftreten von intermittierendem Tinnitus über einen Zeitraum von siebeneinhalb Jahren untersucht.

Methodik:

Die Daten der *Ohrkan*-Kohortenstudie bilden die Grundlage der vorliegenden Dissertation und wurden für beide Veröffentlichungen herangezogen und ausgewertet. Die Exposition gegenüber Freizeitlärm wurde anhand der Fragebogenangaben zu Dauer und Häufigkeit der Teilnahme an 18 verschiedenen, lärmintensiven Freizeitaktivitäten sowie Schalldruckpegeln aus der Literatur berechnet. Für Veröffentlichung I waren die Daten aus Basiserhebung (O1), erster (O2) und zweiter (O3) Nacherhebung verfügbar. Veränderungen der Freizeitlärmexposition wurden deskriptiv analysiert. Folgende Determinanten wurden hinsichtlich der Identifikation der Risikogruppen einbezogen: Geschlecht, Alter zur Basiserhebung, Schulbildung, Geburtsland der Eltern, alleinerziehendes Elternteil, Anzahl der Geschwister, selbstberichtete Hörfähigkeit. Eine riskante Freizeitlärmexposition wurde als ≥ 85 dB(A) über eine 40-Stunden-Woche definiert. In der zweiten Veröffentlichung konnten Daten aus Basiserhebung und der drei Nacherhebungen (O1-O4) berücksichtigt werden. Neben der Gesamtfreizeitlärmexposition aus 18 Freizeitaktivitäten wurde die Assoziation zwischen einzelnen Aktivitäten (PLD-Nutzung und Besuche von Diskotheken bzw. Clubs) und

intermittierendem Tinnitus untersucht. Zudem wurden folgende Determinanten als potentielle Confounder in der Längsschnittanalyse berücksichtigt: Geschlecht, Schulbildung, alleinerziehendes Elternteil, selbstberichtete Hörfähigkeit und die Exposition gegenüber Impulslärm. Zusätzlich wurde eine Sensitivitätsanalyse mit Daten der zweiten bis vierten Nacherhebung durchgeführt, um das Rauchverhalten als potentiellen Confounder zu berücksichtigen. In beiden Veröffentlichungen wurden allgemeine Schätzungsgleichungen (general estimating equations, GEEs) mit autoregressiver Korrelationsmatrix zur Analyse der Daten im Längsschnitt verwendet, um die wiederholten Messungen pro Teilnehmer*in zu berücksichtigen. Die Outcomes in beiden Veröffentlichungen waren dichotom, weshalb eine Binomialverteilung und eine Logit-Linkfunktion verwendet wurden.

Ergebnisse:

Die Exposition gegenüber Freizeitlärm veränderte sich bei den *Ohrkan-*Teilnehmer*innen mit zunehmendem Alter. Zum einen veränderten sich die Schalldruckpegel der Gesamtfreizeitlärmexposition (O1: 84 dB(A), O2: 88 dB(A), O3: 87 dB(A)) über die betrachteten fünf Jahre. Zum anderen veränderte sich die Zusammensetzung der Freizeitlärmexposition; manche Aktivitäten verloren an Bedeutung (Ballspiel in der Halle) während andere Aktivitäten wichtiger wurden (Besuch von Diskotheken/ Clubs). Die Längsschnittanalysen zeigten, dass folgende Faktoren das Risiko erhöhen, dass sich Teilnehmende riskanten Schalldruckpegeln aussetzen: Erhebungszeitpunkt bzw. zunehmendes Alter, männliches Geschlecht, mittlerer Bildungsabschluss (nach 10-11 Schuljahren), alleinerziehendes Elternteil (Veröffentlichung I). Intermittierender Tinnitus wurde von 60% der Teilnehmer*innen berichtet, wobei sich das Risiko über siebeneinhalb Jahren mit zunehmendem Alter nicht erhöhte. Hingegen konnte eine Assoziation zwischen Freizeitlärmexposition und intermittierendem Tinnitus festgestellt werden (Odds Ratio, 95%CI: 80–<85dB(A): 1,41 [1,13–1,78], 85–<90dB(A): 1,73 [1,38–2,16], >90dB(A): 2,04 [1,59–2,61]). Zudem zeigte sich eine Assoziation zwischen Disko-Besuchen und intermittierendem Tinnitus, nicht aber mit PLD. Folgende Covariablen waren ebenfalls positiv mit intermittierendem Tinnitus assoziiert: aktuelle Einschätzung des Gehörs als schlecht, alleinerziehendes Elternteil (Veröffentlichung II).

Schlussfolgerungen:

Die Ergebnisse beider Publikationen machen deutlich, dass Präventionsmaßnahmen zum Schutz des Gehörs wichtig sind. Diese sollten sich stärker an den jeweiligen Zielgruppen orientieren (männliche Jugendliche mit alleinerziehenden Eltern bzw. Schüler*innen von Mittel- und Realschulen). Zudem sollten bei der Planung von

Maßnahmen Freizeitaktivitäten berücksichtigt werden, die mit hohen Schalldruckpegeln einhergehen. Da hinsichtlich des Auftretens von intermittierendem Tinnitus Besuche von Diskotheken und Clubs einen wesentlichen Beitrag leisten, könnte dort eine Reduktion der Schalldruckpegel das Risiko für intermittierenden Tinnitus deutlich senken.

4. Abstract

Background:

In the past, high sound pressure levels were repeatedly measured during various leisure activities, such as visiting clubs and discotheques or pop concerts. Studies in the context of work have shown that noise exposure of more than 85 dB(A) extrapolated to a 40-hour working week increases the risk of hearing impairment. Therefore, it cannot be excluded that participation in noisy leisure activities is associated with symptoms such as hearing threshold shifts or tinnitus. In some cases, adolescents and young adults expose themselves to very high sound pressure levels in their leisure time, which can be associated with an increased risk of hearing damage. In addition, hearing impairment in adolescents and young adults is thought to manifest itself primarily in the form of intermittent tinnitus. The aim of publication I is to investigate over a period of five years how leisure noise exposure changes qualitatively and quantitatively in adolescents and young adults and which sociodemographic determinants are associated with risky exposure. In publication II, the association between leisure noise exposure and the occurrence of intermittent tinnitus over a period of seven and a half years is investigated in the same cohort.

Methods:

The data of the Ohrkan cohort study form the basis of the present doctoral thesis and were used and evaluated for both publications. Exposure to leisure noise was calculated using questionnaire data on duration and frequency of participation in 18 different, noise-intensive leisure activities as well as sound pressure levels from the literature. For publication I, data from baseline (O1), first (O2) and second (O3) follow-up surveys were available. Changes in leisure noise exposure were analysed descriptively. The following determinants were included with respect to the identification of risk groups: Gender, age at baseline, school education, country of birth of parents, single parent, number of siblings, self-reported hearing ability. Risky free-time noise exposure was defined as ≥ 85 dB(A) over a 40-hour week. In the second publication, data from the baseline survey and the three follow-up surveys (O1-O4) could be considered. In addition to the total leisure time noise exposure from 18 leisure time activities, the association between individual activities (PLD use and visits to discotheques or clubs) and intermittent tinnitus was investigated. In addition, the following determinants were considered as potential confounders in the longitudinal analysis: Gender, school education, single parenthood, self-reported hearing ability and exposure to impulse noise. In addition, a sensitivity analysis was conducted with data from the second to fourth follow-up survey to account for smoking behaviour as a potential confounder. In both publications, general estimating

equations (GEEs) with autoregressive correlation matrix were used to analyse the longitudinal data to account for repeated measures per participant. The outcomes in both publications were dichotomous, so a binomial distribution and a logit link function were used.

Results:

Exposure to leisure noise changed with age among the Ohrkan participants. On the one hand, the sound pressure levels of the total leisure noise exposure (O1: 84 dB(A), O2: 88 dB(A), O3: 87 dB(A)) changed over the five years under consideration. On the other hand, the composition of leisure time noise exposure changed; some activities lost importance (indoor ball sports) while other activities became more important (visiting discotheques/clubs). The longitudinal analyses showed that the following factors increase the risk that participants expose themselves to risky sound pressure levels: Time of survey or increasing age, male gender, intermediate education (after 10-11 years of school), single parent (publication I). Intermittent tinnitus was reported by 60% of the participants, and the risk did not increase with age over seven and a half years. However, an association between leisure-time noise exposure and intermittent tinnitus was found (odds ratio, 95%CI: 80-<85dB(A): 1.41 [1.13-1.78], 85-<90dB(A): 1.73 [1.38-2.16], >90dB(A): 2.04 [1.59-2.61]). In addition, there was an association between disco attendance and intermittent tinnitus, but not with PLD. The following covariates were also positively associated with intermittent tinnitus: current assessment of hearing as poor, single parent (publication II).

Conclusion:

The results of both publications make it clear that preventive measures to protect hearing are important. These should be more strongly oriented towards the respective target groups (male adolescents with single parents or pupils from secondary schools). In addition, leisure activities that are associated with high sound pressure levels should be taken into account when planning measures. Since visits to discotheques and clubs make a significant contribution to the occurrence of intermittent tinnitus, a reduction of the sound pressure level could significantly reduce the risk of intermittent tinnitus.

5. Paper I

Longitudinal analysis of leisure noise exposure among adolescents with special focus on portable listening devices: the OHRKAN cohort study

Authors: Annegret Dreher, Veronika Weinhhammer, Doris Gerstner, Lana Hendrowarsito, Dorothee Twardella, Christina Reiter, Carmelo Perez-Alvarez, Thomas Steffens, Caroline Herr & Stefanie Heinze

Journal: International Journal of Audiology

Volume (Issue): 57:12

Pages: 889-897

Year: 2018

DOI: [10.1080/14992027.2018.1510187](https://doi.org/10.1080/14992027.2018.1510187)

6. Paper II

Exposure to leisure noise and intermittent tinnitus among young adults in Bavaria: longitudinal data from a prospective cohort study

Authors: Veronika Weilhhammer, Doris Gerstner, Jonas Huß, Fabian Schreiber, Carmelo Alvarez, Thomas Steffens, Caroline Herr & Stefanie Heinze

Journal: International Journal of Audiology

Volume (Issue): 61:2

Pages: 89-96

Year: 2022

DOI: [10.1080/14992027.2021.1899312](https://doi.org/10.1080/14992027.2021.1899312)

7. Literaturverzeichnis

- Aarhus, L., Homøe, P., & Engdahl, B. (2020). Otitis Media in Childhood and Disease in Adulthood: A 40-Year Follow-Up Study. *Ear Hear*, *41*(1), 67-71. <https://doi.org/10.1097/aud.0000000000000729>
- AWMF. (2015). S3-Leitlinie 017/064: Chronischer Tinnitus. In.
- Babisch, W., & Kamp, I. (2009). Exposure-response relationship of the association between aircraft noise and the risk of hypertension. *Noise Health*, *11*(44), 161-168. <https://doi.org/10.4103/1463-1741.53363>
- Baigi, A., Oden, A., Almlid-Larsen, V., Barrenas, M. L., & Holgers, K. M. (2011). Tinnitus in the general population with a focus on noise and stress: a public health study. *Ear Hear*, *32*(6), 787-789. <https://doi.org/10.1097/AUD.0b013e31822229bd>
- Basner, M., Babisch, W., Davis, A., Brink, M., Clark, C., Janssen, S., & Stansfeld, S. (2014). Auditory and non-auditory effects of noise on health. *Lancet*, *383*(9925), 1325-1332. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(13\)61613-X](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(13)61613-X)
- Biassoni, E. C., Serra, M. R., Hinalaf, M., Abraham, M., Pavlik, M., Villalobo, J. P., Curet, C., Joekes, S., Yacci, M. R., & Righetti, A. (2014). Hearing and loud music exposure in a group of adolescents at the ages of 14-15 and retested at 17-18. *Noise Health*, *16*(72), 331-341. <https://doi.org/10.4103/1463-1741.140515>
- Biassoni, E. C., Serra, M. R., Richtert, U., Joekes, S., Yacci, M. R., Carignani, J. A., Abraham, S., Minoldo, G., & Franco, G. (2005). Recreational noise exposure and its effects on the hearing of adolescents. Part II: development of hearing disorders. *Int J Audiol*, *44*(2), 74-85. <https://doi.org/10.1080/14992020500031728>
- Burkart, M., Brueggemann, P., Szczepek, A. J., Frank, D., & Mazurek, B. (2019). Intermittent tinnitus - an empirical description. *HNO*, *67*(Suppl 2), 51-58. <https://doi.org/10.1007/s00106-019-0623-9>
- Carter, L., Williams, W., Black, D., & Bundy, A. (2014). The leisure-noise dilemma: hearing loss or hearsay? What does the literature tell us? *Ear Hear*, *35*(5), 491-505. <https://doi.org/10.1097/01.aud.0000451498.92871.20>
- Degeest, S., Keppler, H., Corthals, P., & Clays, E. (2017). Epidemiology and risk factors for tinnitus after leisure noise exposure in Flemish young adults. *Int J Audiol*, *56*(2), 121-129. <https://doi.org/10.1080/14992027.2016.1236416>
- Dehnert, K., Raab, U., Perez-Alvarez, C., Steffens, T., Bolte, G., Fromme, H., & Twardella, D. (2015). Total leisure noise exposure and its association with hearing loss among adolescents. *Int J Audiol*, *54*(10), 665-673. <https://doi.org/10.3109/14992027.2015.1030510>
- Derebery, M. J., Vermiglio, A., Berliner, K. I., Potthoff, M., & Holguin, K. (2012). Facing the music: pre- and postconcert assessment of hearing in teenagers. *Otol Neurotol*, *33*(7), 1136-1141. <https://doi.org/10.1097/MAO.0b013e31825f2328>
- Dille, M. F., Konrad-Martin, D., Gallun, F., Helt, W. J., Gordon, J. S., Reavis, K. M., Bratt, G. W., & Fausti, S. A. (2010). Tinnitus onset rates from chemotherapeutic agents and ototoxic antibiotics: results of a large prospective study. *J Am Acad Audiol*, *21*(6), 409-417. <https://doi.org/10.3766/jaaa.21.6.6>
- Dreher, A., Weilhhammer, V., Gerstner, D., Hendrowarsito, L., Twardella, D., Reiter, C., Perez-Alvarez, C., Steffens, T., Herr, C., & Heinze, S. (2018). Longitudinal analysis of leisure noise exposure among adolescents with special focus on

- portable listening devices: the OHRKAN cohort study. *Int J Audiol*, 1-9.
<https://doi.org/10.1080/14992027.2018.1510187>
- Feder, K., Michaud, D., McNamee, J., Fitzpatrick, E., Davies, H., & Leroux, T. (2017). Prevalence of Hazardous Occupational Noise Exposure, Hearing Loss, and Hearing Protection Usage Among a Representative Sample of Working Canadians. *J Occup Environ Med*, 59(1), 92-113.
<https://doi.org/10.1097/jom.0000000000000920>
- Fligor, B. J., & Cox, L. C. (2004). Output levels of commercially available portable compact disc players and the potential risk to hearing. *Ear Hear*, 25(6), 513-527. <https://doi.org/10.1097/00003446-200412000-00001>
- Gilles, A., Van Hal, G., De Ridder, D., Wouters, K., & Van de Heyning, P. (2013). Epidemiology of noise-induced tinnitus and the attitudes and beliefs towards noise and hearing protection in adolescents. *PLoS One*, 8(7), e70297.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0070297>
- Hesse, G. (2016). Organpathologie. In G. Hesse (Ed.), *Tinnitus* (2., überarbeitete und erweiterte Auflage ed., pp. 25 - 45). Georg Thime Verlag.
- Humphriss, R., Hall, A. J., & Baguley, D. M. (2016). Prevalence and characteristics of spontaneous tinnitus in 11-year-old children. *Int J Audiol*, 55(3), 142-148.
<https://doi.org/10.3109/14992027.2015.1120890>
- Hunter, A. (2018). "There are more important things to worry about": attitudes and behaviours towards leisure noise and use of hearing protection in young adults. *Int J Audiol*, 57(6), 449-456. <https://doi.org/10.1080/14992027.2018.1430383>
- ISO. (1990). Acoustics - Determination of occupational noise exposure and estimation of noise-induced hearing impairment. In *ISO 1999*. Geneva, Switzerland: International Organization for Standardization.
- ISO. (2013). Acoustics - Estimation of noise-induced hearing loss. In *ISO 1999* (3rd ed.). Geneva, Switzerland: International Organization for Standardization.
- Jokitalppo, J., Toivonen, M., & Björk, E. (2006). Estimated leisure-time noise exposure, hearing thresholds, and hearing symptoms of Finnish conscripts. *Mil Med*, 171(2), 112-116. <https://doi.org/10.7205/milmed.171.2.112>
- Keppler, H., Dhooge, I., & Vinck, B. (2015). Hearing in young adults. Part II: The effects of recreational noise exposure. *Noise Health*, 17(78), 245-252.
<https://doi.org/10.4103/1463-1741.165026>
- Kirk, K. M., McGuire, A., Nielsen, L., Cosgrove, T., McClintock, C., Nasveld, P. E., & Treloar, S. A. (2011). Self-reported tinnitus and ototoxic exposures among deployed Australian Defence Force personnel. *Mil Med*, 176(4), 461-467.
<https://doi.org/10.7205/milmed-d-10-00353>
- Koops, E. A., Husain, F. T., & van Dijk, P. (2019). Profiling intermittent tinnitus: a retrospective review. *Int J Audiol*, 58(7), 434-440.
<https://doi.org/10.1080/14992027.2019.1600058>
- Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung vom 6. März 2007 (BGBl. I S. 261), die zuletzt durch Artikel 5 Absatz 5 der Verordnung vom 18. Oktober 2017 (BGBl. I S. 3584) geändert worden ist, (2007).
- le Clercq, C. M. P., van Ingen, G., Ruytjens, L., & van der Schroeff, M. P. (2016). Music-induced Hearing Loss in Children, Adolescents, and Young Adults: A Systematic Review and Meta-analysis. *Otol Neurotol*, 37(9), 1208-1216.
<https://doi.org/10.1097/MAO.0000000000001163>

- Lee, D. Y., & Kim, Y. H. (2018). Risk factors of pediatric tinnitus: Systematic review and meta-analysis. *Laryngoscope*, *128*(6), 1462-1468. <https://doi.org/10.1002/lary.26924>
- Lee, G. J. C., Lim, M. Y., Kuan, A. Y. W., Teo, J. H. W., Tan, H. G., & Low, W. K. (2014). The music listening preferences and habits of youths in Singapore and its relation to leisure noise-induced hearing loss. *Singapore Med J*, *55*(2), 72-77. <https://doi.org/10.11622/smedj.2014018>
- Levey, S., Levey, T., & Fligor, B. J. (2011). Noise exposure estimates of urban MP3 player users. *J Speech Lang Hear Res*, *54*(1), 263-277. [https://doi.org/10.1044/1092-4388\(2010/09-0283\)](https://doi.org/10.1044/1092-4388(2010/09-0283))
- Mahboubi, H., Oliaei, S., Kiumehr, S., Dwabe, S., & Djalilian, H. R. (2013). The prevalence and characteristics of tinnitus in the youth population of the United States. *Laryngoscope*, *123*(8), 2001-2008. <https://doi.org/10.1002/lary.24015>
- Masterson, E. A., Themann, C. L., Luckhaupt, S. E., Li, J., & Calvert, G. M. (2016). Hearing difficulty and tinnitus among U.S. workers and non-workers in 2007. *Am J Ind Med*, *59*(4), 290-300. <https://doi.org/10.1002/ajim.22565>
- Mazurek, B., Olze, H., Haupt, H., & Szczepek, A. J. (2010). The more the worse: the grade of noise-induced hearing loss associates with the severity of tinnitus. *Int J Environ Res Public Health*, *7*(8), 3071-3079. <https://doi.org/10.3390/ijerph7083071>
- Mazurek, B., & Szczepek, A. (2016). Molekularbiologische Aspekte. In G. Hesse (Ed.), *Tinnitus* (2., überarbeitete und erweiterte Auflage ed., pp. 46 - 56). Georg Thieme Verlag.
- McCormack, A., Edmondson-Jones, M., Somerset, S., & Hall, D. (2016). A systematic review of the reporting of tinnitus prevalence and severity. *Hear Res*, *337*, 70-79. <https://doi.org/doi.org/10.1016/j.heares.2016.05.009>
- Money, L. E., & Ramkissoon, I. (2019). Effects of Secondhand Smoke Exposure and Noise Exposure on Tinnitus Occurrence in College Students and Adolescents. *J Am Acad Audiol*, 1-7. <https://doi.org/10.3766/jaaa.19032>
- Moore, D. R., Zobay, O., Mackinnon, R. C., Whitmer, W. M., & Akeroyd, M. A. (2017). Lifetime leisure music exposure associated with increased frequency of tinnitus. *Hear Res*, *347*, 18-27. <https://doi.org/10.1016/j.heares.2016.10.030>
- Muchnik, C., Amir, N., Shabtai, E., & Kaplan-Neeman, R. (2012). Preferred listening levels of personal listening devices in young teenagers: self reports and physical measurements. *Int J Audiol*, *51*(4), 287-293. <https://doi.org/10.3109/14992027.2011.631590>
- Nondahl, D. M., Cruickshanks, K. J., Huang, G. H., Klein, B. E., Klein, R., Nieto, F. J., & Tweed, T. S. (2011). Tinnitus and its risk factors in the Beaver Dam offspring study. *Int J Audiol*, *50*(5), 313-320. <https://doi.org/10.3109/14992027.2010.551220>
- Oiticica, J., & Bittar, R. S. (2015). Tinnitus prevalence in the city of Sao Paulo. *Braz J Otorhinolaryngol*, *81*(2), 167-176. <https://doi.org/10.1016/j.bjorl.2014.12.004>
- Park, R. J., & Moon, J. D. (2014). Prevalence and risk factors of tinnitus: the Korean National Health and Nutrition Examination Survey 2010-2011, a cross-sectional study. *Clin Otolaryngol*, *39*(2), 89-94. <https://doi.org/10.1111/coa.12232>
- Portnuff, C. D., Fligor, B. J., & Arehart, K. H. (2011). Teenage use of portable listening devices: a hazard to hearing? *J Am Acad Audiol*, *22*(10), 663-677. <https://doi.org/10.3766/jaaa.22.10.5>

- Rosing, S. N., Schmidt, J. H., Wedderkopp, N., & Baguley, D. M. (2016). Prevalence of tinnitus and hyperacusis in children and adolescents: a systematic review. *BMJ Open*, 6(6), e010596. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2015-010596>
- Serra, M. R., Biassoni, E. C., Richter, U., Minoldo, G., Franco, G., Abraham, S., Carignani, J. A., Joekes, S., & Yacci, M. R. (2005). Recreational noise exposure and its effects on the hearing of adolescents. Part I: an interdisciplinary long-term study. *Int J Audiol*, 44(2), 65-73. <https://doi.org/10.1080/14992020400030010>
- Shargorodsky, J., Curhan, G. C., & Farwell, W. R. (2010). Prevalence and Characteristics of Tinnitus among US Adults. *Am J Med*, 123(8), 711-718. <https://doi.org/10.1016/j.amjmed.2010.02.015>
- Twardella, D., Perez-Alvarez, C., Steffens, T., Bolte, G., Fromme, H., & Verdugo-Raab, U. (2013). The prevalence of audiometric notches in adolescents in Germany: The Ohrkan-study. *Noise Health*, 15(67), 412-419. <https://doi.org/10.4103/1463-1741.121241>
- Twardella, D., Raab, U., Perez-Alvarez, C., Steffens, T., Bolte, G., & Fromme, H. (2017). Usage of personal music players in adolescents and its association with noise-induced hearing loss: A cross-sectional analysis of Ohrkan cohort study data. *Int J Audiol*, 56(1), 38-45. <https://doi.org/10.1080/14992027.2016.1211762>
- van Kamp, I., & Davies, H. (2013). Noise and health in vulnerable groups: a review. *Noise Health*, 15(64), 153-159. <https://doi.org/10.4103/1463-1741.112361>
- Veile, A., Zimmermann, H., Lorenz, E., & Becher, H. (2018). Is smoking a risk factor for tinnitus? A systematic review, meta-analysis and estimation of the population attributable risk in Germany. *BMJ Open*, 8(2), e016589. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2017-016589>
- Vogel, I., Brug, J., Hosli, E. J., van der Ploeg, C. P., & Raat, H. (2008). MP3 players and hearing loss: adolescents' perceptions of loud music and hearing conservation. *J Pediatr*, 152(3), 400-404. <https://doi.org/10.1016/j.jpeds.2007.07.009>
- Vogel, I., Brug, J., Van der Ploeg, C. P., & Raat, H. (2011). Adolescents risky MP3-player listening and its psychosocial correlates. *Health Educ Res*, 26(2), 254-264. <https://doi.org/10.1093/her/cyq091>
- Vogel, I., van de Looij-Jansen, P. M., Mieloo, C. L., Burdorf, A., & de Waart, F. (2014). Risky music listening, permanent tinnitus and depression, anxiety, thoughts about suicide and adverse general health. *PLoS One*, 9(6), e98912. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0098912>
- Vogel, I., van der Ploeg, C. P., Brug, J., & Raat, H. (2009). Music venues and hearing loss: Opportunities for and barriers to improving environmental conditions. *Int J Audiol*, 48(8), 531-536. <https://doi.org/10.1080/14992020902845907>
- Vogel, I., Verschuure, H., van der Ploeg, V. P. B., Brug, J., & Raat, H. (2009). Adolescents and MP3 players: too many risks, too few precautions. *Pediatrics*, 123, e953-e958. <https://doi.org/10.1542/peds.2008-3179>
- WHO. (2018). Environmental Noise Guidelines for the European Region. In. Copenhagen, Denmark: World Health Organization.
- WHO. (2020, 01.03.2020). *Deafness and hearing loss*. World Health Organization. Retrieved 21.02.2021 from <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/deafness-and-hearing-loss>
- Williams, W. (2005). Noise exposure levels from personal stereo use. *Int J Audiol*, 44(4), 231-236. <https://doi.org/10.1080/14992020500057673>

-
- Williams, W., & Carter, L. (2017). Tinnitus and leisure noise. *Int J Audiol*, 56(4), 219-225. <https://doi.org/10.1080/14992027.2016.1250961>
- Zenner, H. P., Struwe, V., Schuschke, G., Spreng, M., Stange, G., Plath, P., Babisch, W., Rebentisch, E., Plinkert, P., Bachmann, K. D., Ising, H., & Lehnert, G. (1999). Gehörschäden durch Freizeitlärm. *HNO*, 47(4), 236-248. <https://doi.org/10.1007/s001060050390>