



## **Bachelorarbeit**

im Studienfach Gesundheitswissenschaften (B.Sc.)

zum Thema:

### **Wissenschaftlicher Erkenntnisstand zum Risiko einer Lärmschwerhörigkeit bei Orchestermusikern**

vorgelegt von

**Mandy Owusu**

Erstgutachterin:

Frau Prof.<sup>in</sup> Dr. Gabriele Perger

Zweitgutachter:

Herr Dipl. Ing. Frank Simon

Hamburg, 21.12.2016

# Inhaltsverzeichnis

<b>Abstract</b> .....	4
<b>Abbildungsverzeichnis</b> .....	5
<b>Abkürzungsverzeichnis</b> .....	5
<b>1 Einleitung</b> .....	6
<b>2 Material und Methode</b> .....	8
<b>2.1 Teilfragestellungen</b> .....	8
<b>2.2 Datenbankrecherche</b> .....	8
<b>2.3 Darstellung der Studien nach definierten Kriterien</b> .....	9
<b>3 Theoretischer Hintergrund</b> .....	10
<b>3.1 Funktion und Aufbau des Ohrs</b> .....	10
<b>3.1.1 Pathologie und Pathophysiologie des Hörens</b> .....	13
<b>3.1.2 Wirkungen von Lärm auf das Gehör</b> .....	13
<b>3.2 Exkurs: Musik als besondere Form des Schalls</b> .....	14
<b>3.3 Lärmschwerhörigkeit</b> .....	15
<b>3.3.1 Lärmschwerhörigkeit als Berufskrankheit</b> .....	17
<b>3.3.2 Personenbezogene Einflüsse auf das Hörorgan</b> .....	17
<b>3.3.3 Altersschwerhörigkeit (Presbyakusis)</b> .....	18
<b>3.3.4 Medikamente</b> .....	18
<b>3.4 Gesetzlicher Hintergrund</b> .....	18
<b>3.4.1 Arbeitsstättenverordnung</b> .....	19
<b>3.4.2 Besondere Relevanz für Musiker</b> .....	19
<b>4 Ergebnisse</b> .....	19
<b>4.1 Studien, die für ein erhöhtes Risiko der Entstehung einer Lärmschwerhörigkeit bei Orchestermusikern sprechen</b> .....	20
<b>4.2 Studien, die gegen ein erhöhtes Risiko der Entstehung einer Lärmschwerhörigkeit bei Orchestermusikern sprechen</b> .....	24
<b>4.3 Zusammenfassung der Studien im Kontext der Teilaspekte zur Fragestellung</b> .....	30
<b>5 Diskussion</b> .....	37

<b>6 Limitationen der Studienergebnisse .....</b>	<b>39</b>
<b>7 Handlungsempfehlungen für gesundheitsfördernde Maßnahmen.....</b>	<b>40</b>
<b>Anhang .....</b>	<b>52</b>
<b>Eidesstaatliche Erklärung .....</b>	<b>52</b>

## **Abstract**

Gesundheit ist für Musiker ein ganz besonderes Gut, denn Gesundheit schafft die Voraussetzung Musik in ihrer Fülle und Intensität zum Klingen zu bringen. Bei professionellen Musikern sichert die Gesundheit ebenso die berufliche Existenz. Nicht nur Arbeitnehmer, sondern vor allem Berufsmusiker, sind gehörschädigendem Lärm durch Schall ausgesetzt. Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit der Frage, inwiefern Orchestermusik als eine potenziell schädigende Ursache für eine Lärmschwerhörigkeit bei Orchestermusikern zu betrachten ist.

Eine wesentliche Grundlage für die Literaturarbeit bietet die Publikation von Richter et al. 2011, „Gehörschutz bei Musikern“. Hier werden zur Frage des Gesundheitsrisikos bereits Quellen gesichtet. Aus diesem Pool werden die Studien ausgewählt, von denen hinsichtlich des Studiendesigns, der Menge und Zusammensetzung des Probandenkollektivs, der Expositionszeit, der Schalldruckmessungen und der Audiometrie Befunde analysiert werden. Weitere aktuelle Studien zum Themenfeld werden durch die Autorin komplettiert.

Zur Beantwortung der Fragestellung werden 41 Studien herangezogen. Nach der Filterung durch festgelegte Kriterien verbleiben somit 13 Studien. Dabei sprechen fünf Studien für ein erhöhtes Risiko und sieben gegen ein erhöhtes Risiko im Bezug auf die Entstehung einer Lärmschwerhörigkeit bei Orchestermusiker.

Die derzeitige Studienlage ist in ihren Ergebnissen sehr widersprüchlich. Auch wenn es zu keiner einheitlichen Stellungnahme des Vorliegens einer Lärmschwerhörigkeit bei Musikern kommen kann, ist festzuhalten, dass in den meisten Orchestern der Expositionspegel von 85 dB (A) überschritten wird. Die Häufigkeit von musikermedizinischen Problemen macht deutlich, dass präventive Maßnahmen dringend erforderlich sind.

## **Abbildungsverzeichnis**

Abbildung 1: Aufbau des Innenohres – Gesamtansicht.....	10
Abbildung 2: Aufbau des Innenohres–Schnecke.....	11
Abbildung 3: Aufbau des Innenohres – Basilarmembran.....	12
Abbildung 4: Das Hörfeld. ....	14
Abbildung 5: Individuell angepasster Gehörschutz: Elacin. ....	43
Abbildung 6: Fertig geformte Gehörschutzstöpsel.....	43
Abbildung 7: Schaumstoff – Gehörschutzstöpsel. ....	44
Abbildung 8: In–Ear-Monitor–System.....	44
Abbildung 9: Konstruktionsskizze des von der Bundesanstalt entwickelten Baumusters eines Schallschutzschirmes. ....	46

## **Abkürzungsverzeichnis**

ArbStättV	Arbeitsstättenverordnung
dB (A)	Dezibel, eine auf das menschliche Ohr bezogene Filterung
Hz	Hertz, Einheit für Frequenz
kHz	Kilohertz, Einheit der Frequenz um tausend Schwingungen pro Sekunde
LEX	Tages – Lärmexpositionspegel
Lpc, peak	Spitzenschalldruckpegel
Pa	Effektiver Schalldruck
PTS	Permanent Threshold Shift; dauerhafte Hörschwellenverschiebung
RKI	Robert-Koch-Institut
SGB	Sozialgesetzbuch
TTS	Temporary Threshold Shift; temporäre Hörschwellenverschiebung
WHO	Weltgesundheitsorganisation

## **1 Einleitung**

Die positiven Auswirkungen von Musik und dem Musizieren an sich sind in der wissenschaftlichen Literatur weitreichend belegt: Erhöhte Endorphinausschüttung, Stärkung des Immunsystems, Verbesserung zentralnervöser Funktionen, Konzentration und Lernfähigkeit sind dabei zu nennen (Biegl, 2006).

Dass das Musizieren auch nachteilige Auswirkungen für die Musizierenden selbst hat, findet oft weniger Beachtung. Dabei weisen Studien daraufhin, dass bis zu 80 Prozent der professionellen Instrumentalmusiker im Laufe ihres Berufslebens von verschiedenartigen musizier- und musikbezogenen Beschwerden mit temporären oder chronischen Beeinträchtigungen der Berufsausübung betroffen sind (Spahn, Möller, 2011). Muskuläre und psychische Erkrankungen spielen hier eine wichtige Rolle genauso wie Einschränkungen des Hörvermögens durch erhöhte Lärmexposition, um die es in dieser Arbeit gehen soll (ebd.).

### **Kann Musik Lärm sein?**

Diese Arbeit beschäftigt sich ausschließlich mit professionellen Orchesterspielern. Für sie ist ein gutes Gehör bei der Ausübung ihres Berufs von essentieller Bedeutung: Sie benötigen es, um selbst geringe Tonhöhenverzerrungen zu erkennen und gemeinsam mit ihren Orchesterkollegen agieren zu können (Hellbrück, 1993). Dabei muss das Hörvermögen auch in Frequenzbereichen jenseits des Gesprochenen uneingeschränkt funktionieren. Nur so sichert es ihnen ihre berufliche Existenz, da sie ihren Lebensunterhalt überwiegend beziehungsweise ausschließlich mit ihrer Musik erwirtschaften (Mertens, 2010).

In der Forschung ist es unumstritten, dass Orchesterspieler fast täglich Schallpegeln ausgesetzt sind, die die Grenzwerte von gehörgefährdendem Lärm, nach der EU-Arbeitsschutzrichtlinie, die die Grenzwerte festgelegt hat, überschreiten. Bei Streichern, Holz- und Blechbläsern können bereits die Pegel für Einzelinstrumente den unteren und oberen Auslösewert (80 db (A) bzw. 85 dB (A)) erreichen und darüber hinausgehen. Im Gesamtensemble wird der Expositionsgrenzwert von 85 dB (A) regelmäßig überschritten (Richter, 2011).

Die tatsächliche Schallexposition einzelner Musiker hängt dabei von vielen verschiedenen Parametern ab: Das Repertoire des Orchesters spielt eine Rolle, die Raumakustik im Orchestergraben, die Sitzposition in der Anordnung zu anderen Spielern, die Orchesteraufstellung an sich, räumliche Bedingungen wie Abstand zum benachbarten Spieler. Natürlich ist auch die Dauer der Proben von Bedeutung

(durchschnittlich circa 35 Stunden), genau wie die individuelle Zeit (von 2-4 Stunden pro Tag), die ein Musiker ins Üben investiert.

### **Stand der Forschung**

Grundsätzlich können die bereits veröffentlichten Forschungsergebnisse in zwei Gruppen unterteilt werden: Auf der einen Seite stehen die Studien, die eine Lärmgefährdung ausschließen. Auf der anderen Seite die, die für ein erhöhtes Risiko der Entstehung einer musikinduzierten Lärmschwerhörigkeit bei klassischen Orchestermusikern sprechen (Richter et al., 2011, S. 540).

### **Ziel dieser Arbeit**

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit der Frage, inwiefern Orchestermusik als eine potenziell schädigende Ursache für eine Lärmschwerhörigkeit zu betrachten ist. Dabei wird die Aussage von Richter et al. aus dem Jahr 2011, zur wenig eindeutigen Studienlage hinsichtlich der audiometrischen Untersuchungen, der durch Musik induzierten und nachgewiesenen Gehörschäden, untersucht werden. Mit einer systematischen Literaturrecherche sollen neu durchgeführte Studien, durch vorher festgelegte Kriterien, ergänzt werden.

Aufgrund der gefundenen Ergebnisse soll anschließend ein Ausblick über mögliche Präventionsmaßnahmen für Musiker gegeben werden.

Um einen Einblick in die Problematik der Lärmschwerhörigkeit zu erhalten, dient eine Ausführung der Anatomie, Physiologie und Physik des Gehörs als Stand des Wissens.

## **2 Material und Methode**

Die vorliegende Bachelorarbeit soll dazu dienen, einen Überblick über die Belastungen von Berufsmusikern im Zusammenhang mit lärminduzierter Schwerhörigkeit zu erhalten. Es handelt sich hierbei um eine literaturbasierte, wissenschaftliche und systematische Darstellung, bei der keine eigenen empirischen Untersuchungen durchgeführt werden.

### **2.1 Teilfragestellungen**

Die folgenden Teilfragestellungen sollen in Betrachtung gezogen werden, um passende Quellen zu finden:

- 1) Ist Musik nach der Definition der Lärm- und Vibrationsschutzverordnung als Lärm zu bezeichnen?
- 2) Haben die unterschiedlichen Instrumente grundsätzlich Einfluss Hörvermögen der Spieler?
- 3) Gibt es geschlechterspezifische Unterschiede bezüglich der Lärmexposition?
- 4) Gibt es altersbezogene Auffälligkeiten in Bezug auf das Gehör?

### **2.2 Datenbankrecherche**

Mit Hilfe der Datenbanken Livivo, Springer Link, Science Direct und PubMed werden die benötigten Informationen erhoben. Neben der Suche in diesen elektronischen Fachdatenbanken wird auch eine Handsuche durchgeführt.

Um passende Ergebnisse zu finden, sollen mit Hilfe einer Schlagwortsuche „Lärm-schwerhörigkeit“, „Hörverlust“ und „Innenohrerkrankung“ gekoppelt mit den Begriffen „Berufsmusiker“ und „Orchestermusiker“ in unterschiedlichen Kombinationen verknüpft werden. Um Ergebnisse in den englischsprachigen Datensätzen zu erhalten werden folgende Stichwörter verwendet: „musicians“, „hearing disorders“, „hearing loss“ und „hearing in musicians“.

Eine wesentliche Grundlage für die Literaturarbeit bietet die Publikation von Richter et al. (2011), „Gehörschutz bei Musikern“. Hier werden zur Beantwortung der Frage nach einem Gesundheitsrisiko bereits Quellen gesichtet, allerdings nicht im Rahmen einer Metaanalyse. Aus diesem Pool werden die Studien ausgewählt, von denen hinsichtlich des Studiendesigns, der Menge und Zusammensetzung des Probanden-



kollektivs, der Expositionszeit, der Schalldruckmessungen und der Audiometrie Befunde analysiert werden können. Weitere aktuelle Studien zum Themenfeld werden durch die Autorin komplettiert.

Nach einer ausführlichen Sichtung und Beurteilung werden die gefundenen publizierten Studien verschiedener Autoren in chronologischer Reihenfolge in einer Excel Tabelle dargestellt (s. Anhang 1).

### **2.3 Darstellung der Studien nach definierten Kriterien**

Um die Eignung der Studien zu sichern, werden die folgenden Kriterien für die Auswahl der dieser Arbeit zugrunde gelegten Studien festgelegt:

- Umfang der Studien
- Audiometrische Befunde
- Orchesterform

Das erste Kriterium basiert dabei auf der Größe der Studienpopulation. Es sollen Studien betrachtet werden, die einen Stichprobenumfang von mehr als 100 Probanden haben.

Die Größe der Stichprobe hängt in populationsbeschriebenen Untersuchungen von der gewünschten Schätzgenauigkeit und von den ökonomischen Rahmenbedingungen ab. Die Genauigkeit der Schätzungen der Modellparameter nimmt somit mit wachsendem Stichprobenumfang zu (Bortz, Döring, 2002, S. 32). Größere Studien mit mehr Probanden haben eine größere Aussagekraft und führen öfter und verlässlicher zu einem signifikanten Ergebnis.

Durch das Festlegen des Kriteriums „Größe der Studienpopulation >100“ scheiden 24 Studien aus. Zur weiteren Betrachtung verbleiben 17 Studien.

Die zweite Selektion bezieht nur die Studien ein, die eine audiometrische Untersuchung durchgeführt haben. Bezogen auf die beschriebenen Kriterien fallen weitere zwei Studien als Basis für diese Arbeit heraus. Darunter die von Hagberg, Thiringer, Brandström, (2005) sowie die von Schink et al., (2014), da sie keine audiometrischen Untersuchungen durchführen. Die Probanden werden lediglich mit Hilfe eines Fragebogens interviewt.

Nachdem nun noch die Orchesterform als weitere Größe dazu kommt, sind zwölf Studien zur weiteren Betrachtung relevant. Diese Größe wird aufgrund des besseren Überblicks gewählt, da in jeder der gefundenen Studien Angaben zur Orchesterform

gemacht werden und die Datensätze reduziert werden müssen. Studien, die zum Symphonieorchester oder keiner Orchesterform zugeordnet werden können, werden dabei berücksichtigt.

### 3 Theoretischer Hintergrund

Um zu verdeutlichen, wie eine Lärmschwerhörigkeit zu Stande kommt, ist es von Bedeutung, die Funktion und den Aufbau des menschlichen Ohres nachzuvollziehen. Daher werden im folgenden Kapitel 3 ausführliche Angaben zu diesem Themenbereich gemacht.

#### 3.1 Funktion und Aufbau des Ohrs

Das Cortische Organ, welches das eigentliche Hörorgan ist, wurde nach dem Erfinder Alfonso de Corti benannt und bereits 1851 entdeckt (Klöppel, 2003, S. 299).

Um zunächst einen Einblick in die Akustik und in das Gehör zu erhalten, müssen einige Begrifflichkeiten genauer erläutert werden.

Die Abbildung 1 soll verdeutlichen, dass das Gehör einen viel komplexeren Aufbau hat, als der sichtbare Teil von außen vermuten lässt.

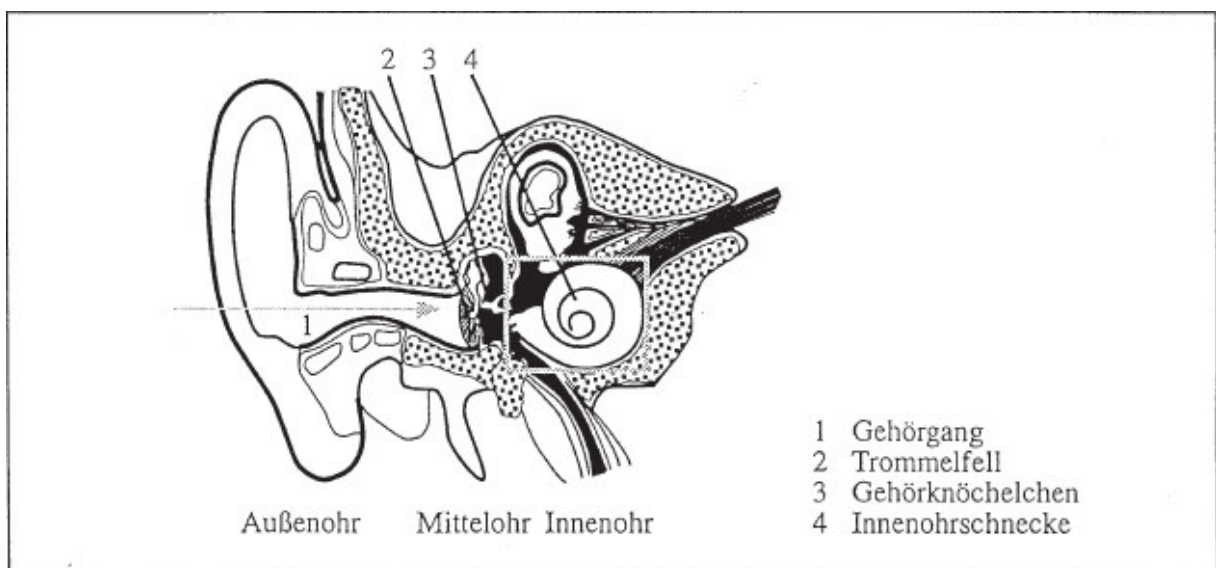


Abbildung 1: Aufbau des Innenohres – Gesamtansicht. Quelle: Ising et al., 1996

Ausgehend vom äußeren Ohr (Ohrmuschel und Gehörgang) gelangen die Schallwellen zum Mittelohr (Trommelfell und Gehörknöchelchen: Hammer, Amboss und Steigbügel) und zum Innenohr (Schnecke). Die Schallwellen sind dabei periodische Schwankungen des Luftdrucks bei einer Frequenz von circa 16 bis 20.000 Schwingungen pro Sekunde ausgesetzt. Laut Hellbrück kann das menschliche Gehör im

Frequenzbereich 16 Hz–20 Hz 1.000 verschiedenen Tonhöhen unterscheiden (Hellbrück, 1993, S. 14). Am unteren Ende der Schnecke liegt das ovale- und das runde Fenster, die durch Membranen abgeschlossen sind. Auf der Membran des Mittelohrs liegt der Steigbügelknochen, welcher vom ovalen Fenster verschlossen wird (Ising et al., 1996, S. 3).

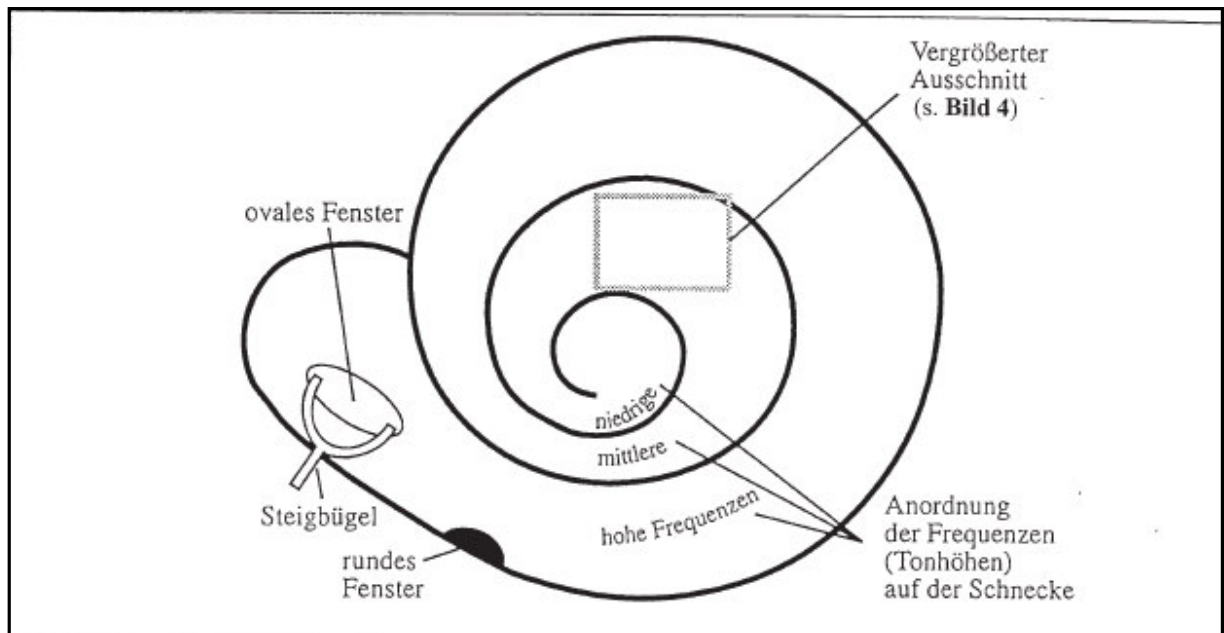


Abbildung 2: Aufbau des Innenohrs-Schnecke. Quelle: Ising et al., 1996

Neben dem Gleichgewichtsorgan befindet sich die Schnecke im Innenohr, in der die Hörsinneszellen platziert sind. Die Schnecke ist dabei durch häutige Trennwände der Länge nach in drei schlauchförmige Kammern geteilt (Klöppel, 2003, S. 300f.).

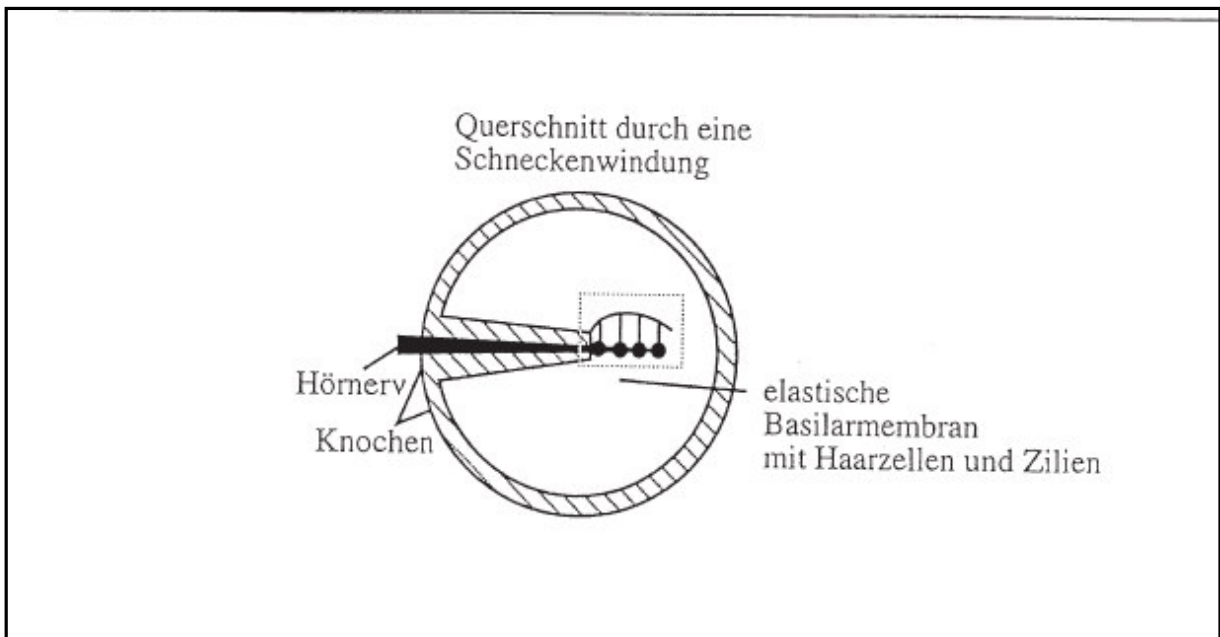


Abbildung 3: Aufbau des Innenohres – Basilmembran. Quelle: Ising et al., 1996

Die Haarzellen, die zu den eigentlichen Sinneszellen des Gehörs zählen, sind in vier parallel verlaufenden Reihen auf der elastischen Basilmembran angeordnet. Es gibt etwa 15.000 Sinneszellen, die in vier bis sechs Reihen parallel angelegt sind (Hagendorf et al., 2011, S. 127). Geringe Schallschwingungen der Basilmembran werden von den Zilien der äußeren Haarzellen verstärkt. Um Überlastungen der Zilien zu verhindern, werden starke Schwingungen durch eine aktive Gegenbewegung der äußeren Haarzellen abgeschwächt (Ising et al., 1996, S. 4f.). Durch Druckschwankungen, die das Trommelfell in Schwingung versetzt, werden im Innenohr Nervenimpulse umgewandelt. Die etwa 3.500 inneren Haarzellen, sind dabei für die Wahrnehmung der Töne zuständig. Das Gehirn vergleicht dies mit bereits bekannten Mustern und erkennt die Signale als Sprache oder Musik. Dabei werden die Druckschwankungen der Luft als Schall bezeichnet, der wiederum als physikalischer Oberbegriff zählt (Brockt, 2008, S. 7).

Faszinierende Eigenschaften haben auch die äußeren Haarzellen, denn diese verkürzen und verlängern sich in kürzester Zeit. Offenbar verstärken die 12.000 äußeren Haarsinneszellen die Schwingungen der Basilmembran. Wenn also die inneren Haarzellen schlechter funktionieren, kann dies mit einer Schädigung der äußeren Haarzellen zusammenhängen. Die notwendige Feinabstimmung kann dann nicht erreicht werden und stört die Basilmembran in ihrer Funktion (Klöppel, 2003, S. 304).

### **3.1.1 Pathologie und Pathophysiologie des Hörens**

Physiologisch betrachtet unterscheiden sich die Folgen einer Lärmbelastung in temporäre Hörschwellenverschiebungen (TTS: temporary threshold shift) und permanent irreversible Hörschwellenverschiebungen (PTS: permanent threshold shift) (Streppel, 2006, S. 15). Dabei weisen die TTS für einige Minuten oder Stunden Symptome auf und können die Folge eines Stoffwechselüberlastungsschadens der Haarsinneszellen sein. Ausgelöst wird dieser entweder durch einen Dauerlärm, durch intermittierenden Lärm oder einen Impulslärm bei einem Schalldruckpegel ab circa 75 dB(A) bis 115 dB(A) (Ising et al., 1996, S. 8).

Bei der Audiometrie ist dieser bei einer Hörverschlechterung von 5 bis zu 20 dB und bei einem funktionellen Haarausfall der äußeren Sinneszellen von bis zu 50% erkennbar. Die Rückbildung erfolgt innerhalb von 8-24 Stunden (Ising et al., 1996, S. 9).

Die PTS, die zu einer dauerhaften Schädigung der Haarsinneszellen führt, entstehen folglich nach mehrjähriger Exposition gegenüber Schalldruckpegeln  $>85$  dB/täglich 8h. Sie können außerdem durch kurzzeitige sehr hohe Schallbelastungen (z. B Knalltrauma) ausgelöst werden.

Eine Hörschädigung beginnt meist im oberen Frequenzbereich bei etwa  $\geq 4.000$  Hz, welche als C5-Senke der Hörschwellenkurve bezeichnet wird. Da die sprachliche Kommunikation weiterhin störungsfrei möglich ist, wird eine Hörschädigung nicht direkt bemerkt. Ist auch diese Kommunikation gestört, liegt bereits eine vorangeschrittene Lärmschwerhörigkeit vor. Im weiteren Verlauf wird diese Senke tiefer und breiter und betrifft dann auch niedrigere Frequenzen (Blum, 1995, S. 46).

### **3.1.2 Wirkungen von Lärm auf das Gehör**

Anders als beim Auge besitzt das Hörorgan keinen Schutzmechanismus. Es ist in einer ständigen Wächterfunktion, bei der dauerhaft akustische Signale wahrgenommen werden. Extrem leise Geräusche wie das Rascheln von Blättern und extrem laute Geräusche wie das Triebwerk eines Düsenflugzeuges werden vom Hörorgan wahrgenommen (Müller, Frings & Möhrlen, 2015).

Für den Schalldruck wird die logarithmische Größe, Schallpegel in Dezibel (dB), verwendet. Dieser ist in der nachfolgenden Abbildung als die linke Begrenzungslinie der Grafik dargestellt. Ebenfalls zu sehen ist der Schalldruckpegel für einige Geräusche. Dabei liegt die Hörschwelle bei 0.00002 Pa (=0 dB hearing level (HL)) und die

Schmerzschwelle bei circa 20 Pa (125 dB) wie in Abbildung 4 im oberen und unteren Abschnitt eingezeichnet ist.

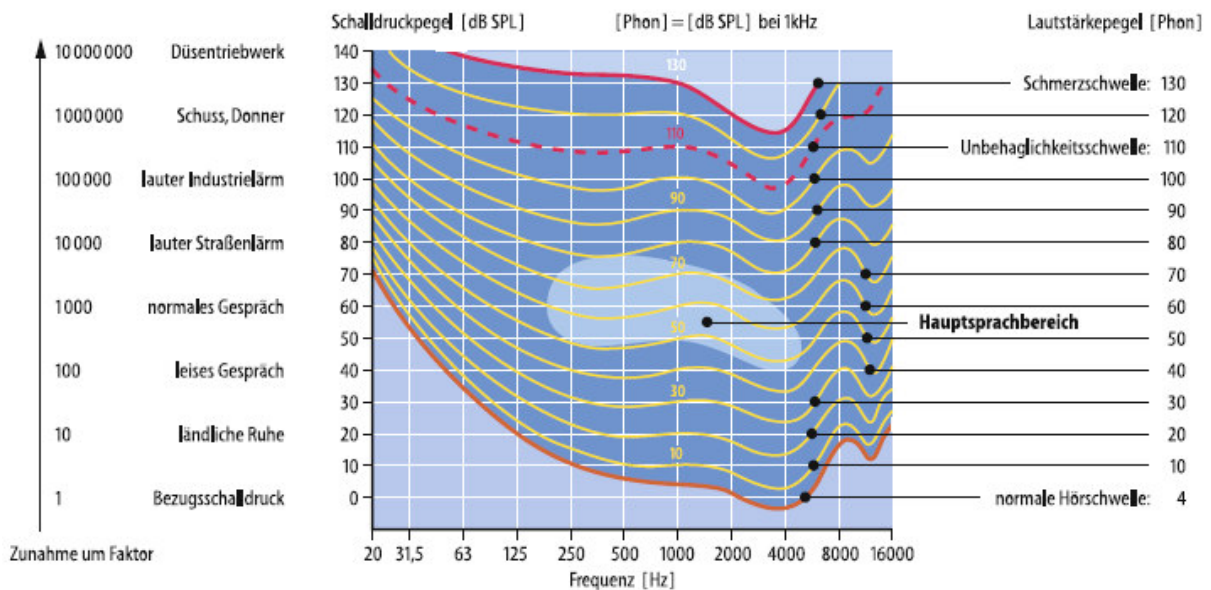


Abbildung 4: Das Hörfeld. Quelle: Hagendorf et al., 2011, S.129

Eine Verdopplung der Schallenergie wird bereits bei einer Erhöhung des Schalldruckpegels um 3 dB erzielt. Von Natur aus reagiert das Gehör bei hohen Tönen empfindlicher als bei tieferen Tönen.

Als Lärm werden Schallereignisse verstanden. Diese können unerwünschte, belästigende und potentiell mögliche gehörschädigende Wirkungen haben (Neumann, Bork, 2011, S. 7). Lärm ist dabei kein physikalisches Ereignis, da die Empfindung des Schalls als subjektive Eigenschaft gilt, welche positiv oder negativ beschrieben werden kann. Schallwellen dienen als Träger der gesamten sprachlichen Kommunikation, aber auch dem Genießen von Musik (Konzerte, Diskothek, Musiktherapie), welche zu positiven Assoziationen mit Schall zählen. Negativ erlebter Schall kann für den Menschen aufgrund der Lautstärke und Struktur störend wirken. Unabhängig von der individuellen Bewertung kann dieses Ereignis zu einem Risiko für Gehörschädigung werden.

### 3.2 Exkurs: Musik als besondere Form des Schalls

*„Musik wird oft nicht schön gefunden, weil sie stets mit Geräusch verbunden.“*

Eine Aussage von Wilhelm Busch im Jahr 1872 zur Beschreibung der Hörqualität von Krach und Lärm.

Das Musizieren hat positive Auswirkungen auf die körperliche (Hormone, Abwehrstoffe, Immunsystem) als auch auf die psychische Gesundheit. Es ist nachgewiesen, dass Musizieren zu einer Stärkung des Immunsystems und zu einer Ausschüttung der Glückshormone Endorphin führt (Biegl, 2006). Ein weiterer positiver Faktor neben dem physischen Aspekt eines verbesserten Herz-Kreislauf- und Atemsystems, ist das Erleben sozialer Zugehörigkeit durch das Musizieren in einer Gruppe (Clift, Hancox, 2010).

Eine Studie, die durch die Techniker Krankenkasse zum Thema Stress durchgeführt wird zeigt, dass das Musikhören beziehungsweise das Produzieren von Musik für 61% der Frauen und für 60% der Männer als Entspannung erlebt wird. Dieser Prozentsatz liegt verglichen mit „Sport treiben“, „fernsehen“ und „kochen/essen gehen“ höher (Die Techniker, 2016).

Dies verstärkt noch einmal mehr den Aspekt, dass das Musizieren als Gesundheitsressource verstanden werden kann.

### **3.3 Lärmschwerhörigkeit**

Das Hören ist für die Menschen besonders wichtig, da die Sprache der Schlüssel zur Kommunikation ist und ohne Hören das Lernen des Sprechens fast unmöglich ist. Bereits geringste Beeinträchtigungen des Gehörs führen zu Mängeln in der Kommunikationsfähigkeit. Eine Schwerhörigkeit ist eine Verminderung der Fähigkeit des Hörens, die bei gering empfundenen Hörstörungen anfangen kann und bei der Gehörlosigkeit aufhört. Die Weltgesundheitsorganisation (WHO) teilt hierbei die Schwerhörigkeit in drei Hauptbereiche ein.

#### **- Geringgradige Schwerhörigkeit**

Im Bereich von 26–40 dB besteht ein mittlerer Hörverlust, der im Audiogramm sichtbar ist. Probleme bestehen darin, einer Unterhaltung in einer lauten Umgebung folgen zu können.

#### **- Mittelgradige Schwerhörigkeit**

Die mittelgradige Schwerhörigkeit besteht, wenn ein mittlerer Hörverlust von 41–60 dB vorliegt. Eine Unterhaltung in einer neutralen Umgebung bereitet der Person Schwierigkeiten. Lautes Sprechen im Abstand von einem Meter vor dem Ohr wird gut verstanden.

- Hochgradige Schwerhörigkeit

Von dieser Schwerhörigkeit wird gesprochen, wenn im Reinton-Audiogramm ein mittlerer Hörverlust von 61–80 dB besteht. Es werden nur noch wenige Worte bei extrem lautem Sprechen verstanden.

(Zahnert, 2011)

Die Schwerhörigkeit kann neben kommunikativen Problemen auch zu geistigen Verarbeitungs- und Funktionsstörungen, mangelndem Selbstvertrauen, Schwierigkeiten im zwischenmenschlichen Kontakt, depressiven Verhaltensstörungen und zu Einbußen an individueller Unabhängigkeit führen. Zusätzlich kommt es dabei im Allgemeinen zu Hindernissen im privaten sowie im beruflichen Bereich, da massive Verluste der Lebensqualität folgen (Streppel, 2006, S. 7). Die Entwicklung lärmbedingter Hörschäden verlaufen in den meisten Fällen langsam, schmerzen nicht und werden oft zu spät erkannt. Jedoch ist die Lärmschwerhörigkeit eine chronische Erkrankung, die durch fortgesetzte Schallbelastungen bei hohen Schalldruckpegeln entsteht. Es besteht ein Dosis-Wirkungsprinzip, bei dem die zu erwartenden permanenten Hörschädigungen aus den Schalldruckpegeln abgeleitet werden können (Dieroff, 1994, S. 84). Das Zusammenspiel der physikalischen Eigenschaften wie der Schalldruckpegel, die Expositionsdauer, der zeitliche Anstieg und die Frequenz bestimmen die hörschädigende Wirkung (Streppel, 2006, S. 15). Zusätzlich muss auch die individuelle Lärmempfindlichkeit berücksichtigt werden.

Der Schalldruckpegel  $L$  wird mit der Einheit Dezibel (dB) beschrieben und meist als frequenzbewerteter, äquivalenter Dauerschalldruckpegel ( $L_{eq}$  (dB)(A)) angegeben (ebd.). Die frequenzabhängige Sensibilität des Gehörs wird aufgrund internationaler Entscheidungen überwiegend durch eine sogenannte A-Bewertungskurve berücksichtigt. Tieffrequente Geräuschanteile werden ähnlich wie beim Gehör geringer gewichtet, da sie für das Ohr weniger schädlich sind als die Anteile im Bereich um 1.000 Hz (120dB). Mit dem Schalldruckpegel lässt sich die äquivalente Dauerbelastung eines achtstündigen Arbeitstages beschreiben (Ising et al., 1996, S. 17).

Zum aktuellen Stand einer Hörbeeinträchtigung informieren die beiden Autoren Heger und Holube, die die Prävalenz nach WHO-Kriterien von 17% ermittelten (Heger, Holube, 2010). In Untersuchungen stellt sich heraus, dass Frauen ein besseres Hörvermögen in allen Alterskategorien aufzeigen als Männer. Dies kann zum einen berufsbedingt, aber auch geschlechtsspezifische Faktoren haben. Generell sind Männer meist einer größeren Lärmexposition ausgesetzt. Dabei spielen vor allem die



freizeitbedingten Aktivitäten, wie das Heimwerken oder das Hören lauter Musik eine große Rolle (RKI, 2006).

### **3.3.1 Lärmschwerhörigkeit als Berufskrankheit**

Zur Definition einer Berufskrankheit zählen *„Krankheiten, die nach den Erkenntnissen der medizinischen Wissenschaft durch besondere Einwirkungen verursacht sind, denen bestimmte Personengruppen (...) in erheblich höherem Grade als die übrige Bevölkerung ausgesetzt sind“* (Sozialgesetzbuch VII §9 Abs.1).

Dabei werden arbeitstechnische sowie medizinische Voraussetzungen für die Entstehung einer Berufskrankheit geprüft. Zum einen geht es um die Klärung von schädigenden Einwirkungen am Arbeitsplatz. Zum anderen muss die Erkrankung Bestandteil des Anhangs der Berufskrankheitenverordnung sein. In jedem Fall wird ein doppelter kausaler Zusammenhang verlangt, um einen rechtlich begründeten Zusammenhang zwischen der ausführenden Tätigkeit und dem Arbeitsplatz, aber auch der schädigenden Einwirkung und der Krankheit zu erhalten. Nach genauer Prüfung erfolgt dann die abschließende Entscheidung durch den Unfallversicherungsträger (Müsch, 2006).

Die Gefahrenquelle für Berufsmusiker ist das langjährige Musizieren bei hoher Intensität auf Musikinstrumenten. Die daraus resultierenden Schallereignisse werden als Lärm definiert. Das Empfinden von Schallereignissen zählt dabei als subjektive Eigenschaft und kann sowohl positiv, als auch negativ erlebt werden. Da der stärkste Antrieb für Berufsmusiker die Liebe zur Musik ist, kann davon ausgegangen werden, dass ihr Empfinden des Schallereignisses positiv bewertet wird. Trotz dessen kann sich eine Lärmschwerhörigkeit als Berufskrankheit nach Ziffer 2301 bei einer ausreichend hohen und langen Lärmbelastung entwickeln (Brusis, 2011, S. 68). Die Bedingung, dass die Berufskrankheit anerkannt wird, ist neben dem audiometrischen Bild einer Lärmschwerhörigkeit ein Hörverlust von mehr als 40 dB bei 3.000 Hz (Verein Deutscher Ingenieure, 1988).

### **3.3.2 Personenbezogene Einflüsse auf das Hörorgan**

Neben den Gefahren, die von der Lärmbeschallung ausgehen, kann das Gehör auch durch individuelle Prädispositionsfaktoren beeinträchtigt werden. Dabei spielen Faktoren des Alterungsprozesses oder auch die Einnahme von Arzneimitteln für Hörprobleme eine Rolle.

### **3.3.3 Altersschwerhörigkeit (Presbyakusis)**

Ein häufig vorkommendes Merkmal der Altersschwerhörigkeit ist die Hörschwellenveränderung, die mit dem Alterungsprozess einhergeht und besonders im Hochtonbereich erkennbar ist. Dabei ist der Verlust des Hörens meist symmetrisch auf beiden Ohren nachzuweisen (Berger, 2002, S. 828). Nicht messbar sind Veränderungen an der Ohrmuschel, am äußeren Gehörgang, am Trommelfell oder an den Gehörknöchelchen. Anders ist es im Bereich der Cochlea und den zentralnervösen Strukturen der Hörbahnen, beides ist messbar, vergleichbar und audiometrisch nachweisbar (Hesse, 2014, S. 630).

### **3.3.4 Medikamente**

Derzeit gibt es eine Reihe von Medikamenten, zu deren Nebenwirkungen auch die Beeinträchtigung des Gehörs zählt. Zu diesen Medikamentengruppen gehören vor allem Arzneimittel, die in der Chemotherapie eingesetzt werden. Darüber hinaus weisen einige Entwässerungs- und Malariamittel ebenfalls diese möglichen Nebenwirkungen auf. Große Dosen von Aspirin können zu einem zeitweiligen Hörverlust führen. Während eine durch Medikamente verursachte Taubheit in den meisten Fällen nach kurzer Zeit wieder abklingt, kann eine Behandlung mit Antibiotika gravierendere Schäden im Ohr verursachen. Durch die Schädigung der Haarsinneszellen kann es zu einem bleibenden Hörschaden kommen (Mees, 1986, S. 363f.).

## **3.4 Gesetzlicher Hintergrund**

Da Dauerbelastungen von über 85 dB (A) bleibende Gehörschädigung verursachen können, begrenzt die EU- Arbeitsschutzrichtlinie „Lärm“ (2003/10/EG) den Tageslärmmexpositionspegel auf 85 dB (A) bezogen auf eine 8-Stunden-Schicht. Der Arbeitgeber ist verpflichtet, ab einer Lärmbelastung von 80 dB (A) geeignete Gehörschutzmaßnahmen zur Verfügung zu stellen. Ab 85 dB (A) ist der Arbeitnehmer zur Nutzung dieser Maßnahmen verpflichtet. Dies trifft im Grunde auf alle Musiker klassischer Symphonieorchester zu, da diese bei ihrer Berufsausübung aufgrund der Instrumente gezwungenermaßen Dauerbelastungen von über 85 dB (A) ausgesetzt sind (Hohmann et al., 2006). Kurzfristige, beziehungsweise langfristige Gefährdungen des Hörvermögens sollen mit Hilfe der Verordnung auf ein Minimum reduziert werden.

Der Wochen-Lärmmexpositionspegel (LEX, 40h) ist der über die Zeit addierte Tageslärmmexpositionspegel der sich auf eine 40-Stunden-Woche bezieht.

Ein Spitzenschalldruckpegel (LpC, peak) wird erreicht, wenn der Höchstwert des momentanen Schalldruckpegels gemessen wird.

### **3.4.1 Arbeitsstättenverordnung**

„Lärm ist im Sinne der Verordnung jeder Schall, der zu einer Beeinträchtigung des Hörvermögens oder zu einer sonstigen mittelbaren oder unmittelbaren Gefährdung von Sicherheit und Gesundheit der Beschäftigten führen kann“ (BMJV, 2015).

Das Arbeitsschutzgesetz wird unter anderem durch die Arbeitsstättenverordnung (ArbStättV) konkretisiert. Nach dieser Verordnung ist der Schalldruckpegel in Arbeitsräumen in Abhängigkeit von der Nutzung und den zu verrichtenden Tätigkeiten so weit zu reduzieren, dass keine Beeinträchtigung der Gesundheit der Beschäftigten entsteht (ebd.).

### **3.4.2 Besondere Relevanz für Musiker**

Die seit März 2007 in Deutschland geltende Lärm- und Vibrationsschutzverordnung befasst sich ausdrücklich auch mit Beschäftigten des Musik- und Unterhaltungssektors. Arbeitgeber des öffentlichen Bereichs der Musik, sowie des Theater- und Konzertorchesters, müssen diese seit Februar 2008 berücksichtigen (Richter et al., 2011).

Bei Erreichung des unteren Auslösewertes sind vom Arbeitgeber nach §7 technische und organisatorische Maßnahmen zu treffen. Ziel dabei ist die Minderung der Schallexposition. Falls der untere Auslösewert weiterhin übertroffen wird, soll der Arbeitgeber einen geeigneten Gehörschutz zur Verfügung stellen. Außerdem soll eine Aufforderung zur arbeitsmedizinischen Vorsorgeuntersuchung angeboten werden. Wird der obere Auslösewert erreicht, ist der Arbeitgeber verpflichtet, die genannten Maßnahmen umzusetzen.

## **4 Ergebnisse**

Zur Beantwortung der Fragestellung werden 41 Studien herangezogen. Nach der Filterung durch festgelegte Kriterien (s. Methodenteil/ Kapitel 2) verbleiben damit 13 Studien. Hier steht einer Reihe von Studien, die für ein erhöhtes Risiko der Entstehung einer Lärmschwerhörigkeit bei klassischen Orchestermusikern sprechen, einer Reihe von Studien mit ebenso gewichtiger gegenteiliger Evidenz entgegen.

#### **4.1 Studien, die für ein erhöhtes Risiko der Entstehung einer Lärmschwerhörigkeit bei Orchestermusikern sprechen**

Nach der systematischen Eingrenzung der Studien sind fünf Studien verblieben, die ein erhöhtes Risiko der Entstehung einer Lärmschwerhörigkeit bei Orchestermusikern belegen. Im Anhang 2 befindet sich eine umfangreiche Tabelle aller gefundenen Studien.

Axelsson und Lindgren untersuchen im Jahr 1981 139 Musiker. Darunter sind 72 Musiker eines Symphonieorchesters, 48 sind im Musiktheaterorchester beschäftigt und 19 Musiker im Ruhestand. Das durchschnittliche Alter der Frauen liegt bei 35,2 Jahren und bei den Männern bei 46,3 Jahren. Die Musiker, die im Schnitt 38,6 Stunden wöchentlich proben oder unterrichten und die durchschnittlich 25 Stunden pro Woche im Orchester spielen, werden auf das Vorliegen eines Hörverlustes untersucht. Es werden mehrere Schalldruckpegelmessungen durchgeführt, wobei ein Mittelungspegel zwischen 83 und 92 dB (A) und ein Maximalpegel von über 100 dB (A) angegeben wird. Ein Hörverlust gilt als erwiesen, wenn mehr als 20 dB Schwellenverschiebung auf einem Ohr und bei einer Frequenz nachweisbar ist. Die Kriterien für die Beurteilung der Audiogramme richten sich nach den altersklassifizierten Medianwerten +/- 15 dB. Auch die Presbyakusis findet bei der Auswertung der Daten Berücksichtigung. 80 Musiker weisen einen Hörverlust auf. Bei 59 Personen ergibt sich ein Hörergebnis, welches schlechter ist als für den Altersdurchschnitt zu erwarten. Es zeigt sich bei asymmetrischen Hörstörungen, dass das linke Ohr schlechtere Werte zeigt als das rechte. Musiker, die im Orchester vor den Streichern sitzen, haben in ihrem rechten Ohr ein besseres Gehör als man altersentsprechend annehmen würde. Einen Hörverlust im Schnitt von 20 dB bei 6 kHz haben die Streicher allerdings nur im linken Ohr. Holzbläser zeigen hingegen einen Hörverlust auf beiden Ohren. Dieser Hörverlust ist besonders auffällig bei den Werten 6 und 8 kHz. Den größten Hörverlust weisen die Blechbläser auf, wobei berücksichtigt werden muss, dass in dieser Gruppe auch die ältesten Probanden mitspielen. Schlagzeuger zeigen den größten Unterschied zwischen dem Gehör des rechten und linken Ohres. Insgesamt haben die Schlagzeuger das beste Gehör. Ein erhöhtes Risiko für einen Hörverlust weisen die Musiker auf, die Horn, Trompete, Fagott oder Posaune spielen. Im Allgemeinen hören die männlichen Probanden schlechter als die weiblichen Kolleginnen. Dabei spielen Frauen nur klassische Musik und Männer verschiedene Musikrichtungen. Eine reversible Hörstörung (TTS) tritt bei Musikern nach Konzerten und Proben auf.

Die Autoren stellen anhand der Untersuchung fest, dass Musik eine Gefährdung für das Gehör darstellt, wenn der Lärm die biologischen Grenzwerte übersteigt und über einen langen Zeitraum einwirkt. Zudem kann die erhöhte Inzidenz der Hörverluste durch keine andere Ursache erklärt werden (Axelssons., Lindgren, 1981).

In Emmerichs et al. Studie aus dem Jahr 2008 werden 109 deutsche Orchesterspieler untersucht. Davon sind 76 männliche und 33 weibliche Teilnehmer vertreten. Es erfolgt eine Gruppierung der professionellen Spieler in vier verschiedene Altersgruppen. Der mittlere Altersdurchschnitt liegt bei 43,9 Jahren bei einer Altersspanne von 30 bis 69 Jahren. Eine wöchentliche Übungszeit von 29,2 Stunden wird angegeben. Die Autoren gehen dabei der Frage nach, ob das Musizieren von klassischer Musik Grund für eine berufsbedingte Lärmschwerhörigkeit sein kann. Dazu nehmen sie aus drei deutschen Hauptorchestern Probanden, die Violine, Oboe, Cello, Posaune, Fagott und der Kontrabass spielen. Neben einer dosimetrischen Messung und einer otoakustischen Emission werden Interviews und audiometrische Messungen durchgeführt. Es wird darauf geachtet, dass die Messungen in einem lärmfreien Intervall ausgeführt werden. Zwischen dem letzten Auftritt beziehungsweise der Probe und der Messung sollen mindestens 24 Stunden liegen. Die Schallintensität und der Frequenzbereich werden zum einen im Proberaum, im Orchestergraben und in verschiedenen Positionen im Orchester erfasst. Es werden im Proberaum Messungen eines Schalldruckpegels von 93,9 dB (A) angegeben. Es werden Messungen beim Spielen des Instruments für maximal vier Stunden aufgezeichnet.

In allen drei Orchestern wird eine bemerkenswerte Eigenschaft bei den Streichern festgestellt. Diese Gruppe weist eine Hörschwellenverschiebung (PTS) auf. Erkennbar ist diese bereits in der Altersgruppe 30-39 Jahre und steigert sich dabei mit zunehmendem Alter und Dauer, die die Musiker bereits tätig sind. Eine weitere signifikante Eigenschaft zeigt sich bei einem größeren Hörverlust im höheren Alter verglichen mit den jüngeren Orchestermitgliedern. Spieler der Violinen weisen in einem der drei untersuchten Orchester eine Seitendifferenz im linken Ohr von 11 dB (A) bei 4 kHz in der Altersgruppe 40-49 Jahre auf. Das gleiche Phänomen zeigt sich in den zwei anderen Orchestern bei der PTS bei beiden Ohren.

Mit Hilfe des Fragebogens stellt sich heraus, dass keiner der Teilnehmer Hobbys ausübt, die mit Lärmbelastungen verbunden sind. Mehr als 50% der Musiker vermeiden laute Umgebungsgeräusche und suchen in ihrer Freizeit eher Orte und Räume auf, die einer geringeren Lärmbelastung ausgesetzt sind.

Die Autoren der Studie kommen zu dem Ergebnis, dass die Hörschwelle bei Orchestermusikern schlechter wird und sie die Presbyakusis nicht als einzige Erklärung für den Hörverlust sehen (Emmerich, Rudel, Richter, 2008).

Pawlaczyk-Luszczynska et al. untersuchen in ihrer ersten Studie 2011 die Exposition von Orchestermusikern und das Risiko für einen lärmbedingten Hörschaden bei professionellen Orchestermusikern. Dazu werden 127 Probanden untersucht, wovon 74 männlich und 49 weiblich sind. Der Durchschnittswert des Alters liegt bei der Altersgruppe von 22-67 Jahren bei 44. Für die Untersuchung wird der Schalldruckpegel in drei polnischen Symphonieorchestern und einem Opernorchester gemessen. Zusätzlich erfolgt eine Befragung mittels Fragebogen, um berufsbedingte oder nicht berufsbedingte Risikofaktoren für den lärminduzierten Gehörverlust herauszufiltern. Die Musiker geben an, wöchentlich circa 31,2 Stunden zu spielen.

Messungen werden während Proben, Konzerten und Aufführungen durchgeführt und in Ohrnähe der Musiker platziert. Insgesamt erfolgen 338 Messungen mit einer Dauer von ungefähr 591 Stunden. Individuelles Musizieren wird bei den Messungen außer Acht gelassen. Es ergibt sich bei der Messung ein Schalldruckpegel von 81–90 dB (A).

Mit Hilfe der ISO 1999:1990 werden die Standardwerte des Risikos eines Hörverlusts bezogen auf das Alter und den Lärm einerseits mit der Bevölkerung verglichen, andererseits mit den Daten der Musiker.

Das höchste Risiko einer Lärmschwerhörigkeit wird bei den Spielern, die Horn, Trompete, Tuba oder Schlagzeug spielen, beobachtet. Das geschätzte Risiko für eine dauerhafte Hörschwellenverschiebung, das in Polen ausreicht, um eine berufsbedingte Lärmschwerhörigkeit zu diagnostizieren, liegt zwischen 0 und 4% für verschiedene Instrumentengruppen von Spielern.

Übersteigen die Messwerte den Bereich von 1–3 kHz-, 45 dB, ist eine Hörschwellenverschiebung bei 2% der Frauen und 3-4% der Männer möglich. Diese Messung trifft auf die Musiker zu die Streichinstrumente, Klarinette, Fagott, Blechblasinstrumente und Schlagzeug spielen. In dem Frequenzbereich 2–4 kHz, >35 dB steigt die Hörschwellenverschiebung bezogen auf das Alter und Geräusch auf 4-29% bei Frauen und 18–44% bei Männern. Die Autoren bestätigen die Möglichkeit des Eintritts einer berufsbedingten Lärmschwerhörigkeit bei einer langen Ausübung des Berufes (Pawlaczyk-Łuszczynska et al., 2015).

In der zweiten Studie von Pawlaczyk-Luszczynska et al., die im Jahr 2013 durchgeführt wird, werden 126 Probanden berücksichtigt. Dabei sind 68 männliche und 58 weibliche Teilnehmer präsent. Die Kohorte befindet sich in einem Alter von 24 bis 67 Jahren, wobei der Durchschnittswert bei 43,5 Jahren liegt. Mit dieser Studie soll der Stand des Hörvermögens bei Orchestermusikern geprüft und die audiometrischen Werte mit Normwerten der ISO 1999:1990 mit der Gesamtbevölkerung verglichen werden.

Vier Symphonie- und zwei Opernorchester werden für die Messung ausgewählt. Ein Fragebogen soll unter anderem Risikofaktoren aufdecken, die einen oder keinen berufsbedingten Hörverlust aufzeigen. Es werden außerdem Daten wie das Geschlecht, Alter, physikalische Faktoren, medizinische Vorgeschichten und Fragen zum Lebensstil abgefragt. Bei 126 Musikern wird eine audiometrische Messung durchgeführt. Daten werden im Kollektiv sowie bei Solisten während der Probe und während den Konzerten beziehungsweise Aufführungen an den verschiedenen Instrumentengruppen aufgezeichnet.

Bei einer wöchentlichen Exposition von circa 30 Stunden sind die Teilnehmer einem Expositionsniveau von 81 bis 95 dB (A) ausgesetzt. Diese Erhebung bezieht sich auf die durchschnittliche Anzahl der Jahre, die im Orchester gespielt wird. Die Probanden sind im Durchschnitt 24,5 Jahre als Orchestermusiker angestellt und dementsprechend über diesen langen Zeitraum dem Lärm ausgesetzt. In dieser Studie werden die Ergebnisse der Lärmexposition mit Daten aus der Literatur, Orchestermusikern und mit Musikstudenten verglichen.

Die Mehrheit (95,6%) weist eine Hörschwelle in den Bereichen 500, 1000, 2000, 4000 Hz von kleiner 25 dB auf. Dies zeigt laut Weltgesundheitsorganisation (WHO) den Grad 0 an Schwerhörigkeit. 3,8% korrespondierte mit dem Grad 1 und 0,8% mit Grad 2 an Schwerhörigkeit, welche bei den älteren Musikern auffällt. Eine typische lärminduzierte Schwerhörigkeit wird in den Frequenzen 4.000 und 6.000 Hz bei 35,1% der Musiker festgestellt.

Ein signifikantes Ergebnis wird in Bezug auf das Alter und der Hörschwelle in den Frequenzen 1.000 bis 8.000 Hz gefunden. Generell zeigen die älteren Probanden eine höhere Hörverschlechterung im Vergleich zu den jüngeren. Gleiches wurde im Vergleich zwischen Frauen und Männern im Bereich 3.000–8.000 Hz festgestellt, wobei bei Frauen das bessere Gehör erkennbar ist.

Ein signifikanter Unterschied zeigt sich in den Geräuschexpositionen bei der Hörschwellenverschiebung in den Frequenzen 1.000, 4.000 und 8.000 Hz. Entgegen der Erwartungen zeigen höher exponierte Personen (Lex >84,3 dB) bessere Hörschwellen auf als gering exponierte Personen (Lex <=84,3 dB). Außerdem gibt es zwei eindeutige Wechselwirkungen zwischen Geräusch und Alter (im Bereich 1.000 Hz, 2.000 Hz, 6.000 Hz, 8.000 Hz) und zwischen Geräusch und Geschlecht (3.000 Hz).

Generell ist bei allen untersuchten Musikern erkennbar, dass die älteren und gering exponierten Instrumentalisten eine signifikant höhere Hörschwelle aufweisen. Dies fällt im Bereich bei 6.000 Hz auf. Bei den jüngeren Musikern kann kein Unterschied bezüglich der Lärmexposition festgestellt werden. Gleiches gilt für die Frequenzen 1.000 Hz, 2.000 Hz und 8.000 Hz. Bei der Analyse von gering exponierten Personen weisen Frauen ein besseres Gehör als Männer auf.

Die Musiker sind insgesamt einem Schalldruckpegel von 72 bis 97 dB(A) ausgesetzt. In allen Instrumentengruppen, ausgenommen der der Celli, Kontrabasse und der Harfen, wird der gesetzlich festgelegte Schalldruckpegel von 85 dB (A) überschritten.

Dabei berücksichtigen die Autoren der Studie Einflussfaktoren wie den Spielplan, den Spielort, das Instrument und die Position des Spielers als zusätzliche abhängige Variable für die Exposition (Pawlaczyk-Łuszczynska et al., 2013).

Rabinowitz und Mitarbeiter untersuchen 1982 110 Musiker von insgesamt 114 Mitgliedern eines Symphonie- und Opernorchesters. Darunter befinden sich 88 männliche und 22 weibliche Musiker. 38 Probanden sind jünger als 35 Jahre, 47 Probanden zwischen 36 und 50 Jahren und 25 Probanden über 50 Jahre. Bei 58 Musikern wird ein normales Gehör diagnostiziert, 52 Personen haben dagegen einen Hörverlust von über 20 dB. Bei 30 Musikern spielen Erkrankungen des Ohres oder zum Beispiel Schüsse als Knalltrauma eine Rolle (Rabinowitz et al., 1982).

#### **4.2 Studien, die gegen ein erhöhtes Risiko der Entstehung einer Lärmschwerhörigkeit bei Orchestermusikern sprechen**

Im nächsten Abschnitt sollen nun die sieben Studien beschrieben werden, die die Meinung vertreten, dass Berufsmusiker kein erhöhtes Risiko einer Lärmschwerhörigkeit haben.

Eine Studie von Flach forscht im Jahr 1972 bei 506 Musikern, aufgeteilt in Berufsmusiker (277), Musikstudenten (144) und Schüler einer Jugendmusikschule



(85). Hier werden Spitzenintensitäten von bis zu 120 dB beim Tutti in großer Besetzung gemessen. Bei den Berufsmusikern leiden 14 Personen an einer Schallleitungsstörung, ein Musikstudent hat eine chronische Mittelohr-erweiterung. Bei 16% lässt sich eine Innenohrschwerhörigkeit größer als der durchschnittlichen Alterserwartung auffinden und bei 4% wird Musik als Ursache vermutet. Bezüglich der Instrumentengruppen können keine Unterschiede festgestellt werden. Vom Autor wird das Auftreten einer durch Musik verursachten beruflichen Lärmschwerhörigkeit in dieser Studie für wenig wahrscheinlich gehalten (Flach, 1972).

Flach und Aschoff (1966) untersuchen 277 Orchestermusiker aus einem Symphonie- und Opernorchester. In die Studie gelangen 202 Personen unter 49 Jahren und 75 Probanden über 50 Jahren. Der höchste gemessene Schalldruckpegel im Orchesterraum liegt zwischen 95 und 120 DIN-Phon<sup>1</sup>. Die Messungen werden bei einer großen Besetzung neben den Bratschen-Spielern platziert. Die Pegel wird generell in DIN-Phon und nicht in dB (A) angegeben, bei dem kein Mittelungspegel angegeben wird. Bei der Analyse der Tonaudiogramme der Musiker, wobei nie nach einer Probe oder einem Konzert getestet wird, finden sich gering- bis mittelgradige Schallempfindungsstörungen bei 14,5% der Streicher, bei 8,5% der Holzbläser und bei 2,2% der Blechbläser. Es ergeben sich dabei keine Unterschiede im durchschnittlichen Hörvermögen der verschiedenen Instrumentengruppen. Allerdings zeigen Geiger eine höhere Schallbelastung am linken als am rechten Ohr. Geringe Innenohrschäden in höheren Frequenzen sind bei Streichern häufiger als bei Blechbläsern. Acht Geiger (von 111) weisen eine stärkere Belastung des linken Ohres auf, wobei eine linksseitige Schwerhörigkeit im Bereich von 4.000 Hz erkennbar ist. Bei 44 Musikern werden gering- bis mittelgradige Innenohrschäden festgestellt. Bei einem Teil der Probanden kann eine stärkere Lärmeinwirkung durch Lärmarbeit, Schädel-Hirn-Traumata und Militärdienst nicht ausgeschlossen werden. Diese Personen fallen aus der Auswertung heraus.

Die Autoren kommen zu dem Schluss, dass die Möglichkeit einer berufsbedingten Lärmschwerhörigkeit im eigentlichen Sinn nicht bestehe (Flach, Aschoff, 1966).

Fleischer und Müller (2005) untersuchen 187 Orchestermusiker im Alter zwischen 21 und 70 Jahren, die im Durchschnitt 44 Jahre alt sind. Sie finden in 83,4% der

---

<sup>1</sup> Phon ist eine Maßeinheit der psychoakustischen Größe für den Lautstärkepegel. Dieser wird dazu benutzt, den Lautstärkepegel in phon, die empfundene Lautstärke, mit der ein Mensch ein Schallereignis wahrnimmt, zu beschreiben (ISO 226:2003).

Musiker ein besseres Gehör, als durch die ISO 1999<sup>2</sup> vertretene Population zu erwarten ist. Daraus ergibt sich die Schlussfolgerung, dass eine erhöhte Resistenz gegenüber der Belastung des Gehörs besteht. (Fleischer, Müller, 2005).

Jansen et al. führen 2008 eine Studie bei 241 professionellen Musikern im Alter von 23 bis 64 Jahren aus. Dabei sind 128 männliche Probanden vertreten. Auch diese Wissenschaftler gehen der Frage nach lärmbezogenen Hörproblemen bei Musikern nach. Sie wollen zum einen wissen, ob Musiker eines Symphonieorchesters als spezielle Gruppe in Bezug auf Lärm und das Gehör zählen, zum anderen, ob das gespielte Instrument für verschiedene Muster für Hörproblemen verantwortlich ist.

Die Untersuchung findet in fünf Symphonieorchestern statt. Es werden sechs Instrumentengruppen gebildet: Hohe Streichinstrumente (Violine, Bratsche), tiefe Streicher (Cello, Kontrabass), Holzbläser (Oboe, Klarinette, Flöte, Fagott), Blechbläser (Trompete, Horn, Posaune), Schlagzeug und andere (Harfe, Klavier, Dirigent). Bei 211 Personen liegt der Zeitraum zwischen der letzten Exposition und der Messung bei acht Stunden.

92% der Musiker weisen ein gesundes Gehör auf, wobei die Hörschwelle in allen gemessenen Frequenzen (0,25-8 kHz) bei einem Wert unter 15 dB liegt.

Einen direkten Vergleich in Bezug auf die Verteilung der audiometrischen Untersuchungen und den gespielten Instrumentengruppen kann nur unter Vorbehalt gestellt werden. Auch die Angaben zur Anzahl der Musiker, die in den jeweiligen Instrumentenuntergruppen spielen, sind sehr verschieden. Werden jedoch die großen Instrumentengruppen (hohe und tiefe Streicher, Holzbläser und Blechbläser) betrachtet, fallen 40-45% in die Kategorie der Normalhörenden<sup>3</sup>. Ein Abfall der Hörschwelle wird weniger unter den Blechbläsern gefunden, jedoch in den anderen Gruppen (14 Musiker bei den hohen Streichern, acht Musiker bei den tiefen Streichern, sieben Musiker bei den Holzbläsern). Mit Hilfe eines Signifikanztests wird eine durchschnittlich bessere Hörschwelle bei den tiefen Streichern gegenüber der Hörschwelle der hohen Streicher, Blechbläser und Holzbläser festgestellt.

---

<sup>2</sup>Die ISO 1999:1990 enthält ein mathematisches Modell zur Berechnung der zu erwartenden Hörverluste für Gruppen ohne Lärmbelastung und für Gruppen, die eine einheitliche Lärmbelastung zeigen (Liedtke 2013, S. 70).

<sup>3</sup>Wird bei einer Audiometrie keine Schwerhörigkeit diagnostiziert, wird in der Medizin von einer Normalhörigkeit gesprochen (Koch, 2016, S.41).

Im 10., 25., 50. und 75. Perzentil<sup>4</sup> erreichen die meisten Musiker gleiche beziehungsweise bessere Werte als die, die durch die ISO 7029:2000<sup>5</sup>- Population erfasst werden. Eine Ausnahme besteht hierbei bei 6 kHz, wo die Verteilung der Hörschwellenverschiebung größer ist als bei der Vergleichspopulation. Im 90. Perzentil liegen die Musiker in allen Frequenzen unter der ISO Population. Der lärminduzierte Gehörverlust bei Musikern, welcher häufiger auftritt als bei der verglichenen ISO 7029-Bevölkerung, trifft somit nur auf den Bereich von 6 kHz zu, der in den Bereich des lärminduzierten Hörverlust fällt (Jansen et al., 2009).

Kähäri und Mitarbeiter untersuchen im Jahr 1995a 140 von 178 Orchestermusikern (79%) eines schwedischen Opern- und Symphonieorchesters, 98 männliche (mittleres Alter: 42 Jahre) und 42 weibliche Musiker (mittleres Alter: 37 Jahre). Ziel der vorliegenden Studie ist es, die Hörschwellen zu untersuchen und Hörstörungen unter den klassischen Orchestermusikern festzustellen. Es sollen Unterschiede in der medianen Hörschwelle zwischen den Geschlechtern und Instrumentengruppen herausgefunden werden.

Beginnend mit dem rechten Ohr werden die Audiogramme in einer Hörprüfkabine durchgeführt. Es wird darauf geachtet, dass die Untersuchungen an einem freien Tag der Musiker oder vor einer musikalischen Exposition durchgeführt werden. Es handelt sich hierbei um eine Follow-up-Studie, da das Orchester bereits im Jahr 1983 von Axelsson und Lindgren getestet wurde. Dieses Mal sind die verschiedenen Instrumentenklassen in sechs Gruppen eingeteilt: Kleine Streicher (Geige, Bratsche), große Streicher (Cello, Kontrabass), Holzbläser, Blechbläser, Schlagzeuger und andere (Piano, Harfe). Es zeigt sich kein ernst zu nehmender Hörverlust, der auf die Exposition im Orchester zurückzuführen ist. Musikerinnen haben ein signifikant besseres beidseitiges Gehör im hohen Frequenzbereich als ihre männlichen Kollegen. Dies könnte einerseits daran liegen, dass die Männer im Schnitt fünf Jahre älter sind und dass mehr Männer die lauten Instrumente wie Holz, Blech und Schlagzeug spielen. Insgesamt liegen die meisten Musiker im Hochtonfrequenzbereich zwischen dem ISO-Median und dem 90. Perzentil verteilt. In 11 Fällen liegen die Werte jedoch außerhalb des Bereichs und sieben Musiker

---

<sup>4</sup> Das Perzentil ist in der medizinischen Statistik ein Maß für die Streuung einer statistischen Verteilung, die nach Rang oder Größe der Einzelwerte sortiert ist (Lazarus, 2007).

<sup>5</sup> Die altersentsprechende Normalhörigkeit wird durch die ISO 7029:2000 beschrieben. Sie beschreibt die statistische Verteilung der altersbegleitenden Hörschwellenabwanderung ("Presbyakusis") ab dem Alter von 18 Jahren ohne Lärmexposition und Ohrerkrankungen und endet mit dem Lebensalter von 70 Jahren (ISO, 2000).

weisen ein schlechteres Messergebnis im linken Ohr auf. Bei den Personen handelt es sich um vier Holzbläser, vier Streicher, zwei Blechbläser und einem Schlagzeuger.

Der Mittelwert beider Ohren ist bei Frauen in allen gemessenen Frequenzen im Bereich von 20 dB Hörpegel (HL). Der Mittelwert beider Ohren der männlichen Musiker ist ebenfalls in allen Bereichen bei 20 dB HL, berührt die 20 dB HL jedoch bei 6 kHz im linken Ohr. Die Frauen zeigen somit bei den Messungen in den hohen Frequenzen in beiden Ohren eine signifikant bessere Hörschwelle als Männer auf. Ein kleiner Unterschied ergibt sich zwischen den einzelnen Instrumentengruppen. Schlagzeuger und Holzbläser haben ein etwas schlechteres Gehör als andere Musiker. In der Gesamtbetrachtung haben Schlagzeuger das schlechteste und Musiker großer Streichinstrumente das beste Gehör. Im Vergleich zur Norm nach ISO 7029 sind nur 3% der 84 weiblichen Musikerinnen außerhalb der 90. Perzentile, von denen alle jünger als 32 Jahre alt sind (Kähäri et al., 2009).

Kähäri und Mitarbeiter vergleichen im Jahr 1995b im Sinne einer Folgestudie die Musiker, die bereits im Jahr 1981/1982 Teil der Studie von Axelsson und Lindgren waren. Als Studie A zählt die Studie von Axelsson, als Studie B die von Kähäri. 56 von 69 (81%) noch aktiven klassischen Spielern, 13 weibliche (mittleres Alter: 30 Jahre (A), 46 Jahre (B)) und 43 männliche (mittleres Alter: 34 Jahre (A), 50 Jahre (B)) können in den Vergleich mit einbezogen werden. Die Männer zeigen bei 4, 6 und 8 kHz einen etwas höheren, nicht signifikanten Hörverlust. Im Vergleich zur ersten Untersuchung verschlechtert sich dieser Wert um 0,7 dB/ Jahr. Das Gehör der Frauen hingegen nimmt nur um 0,4 dB/Jahr ab. Beide Geschlechter zeigen jedoch keine signifikante Hörreduktion während der 16 Jahre, im Vergleich zur ISO 7029-Population. Es zeigt sich im Vergleich zur Norm kein negatives Voranschreiten der Hörschwellenkurven nach einem Zeitraum von 16 Jahren musikalischer Lärmexposition (Kähäri et al., 2001).

Karlsson und Mitarbeiter publizieren 1983 eine Studie, die sie in den Jahren 1973/1974 und 1979/1980 als Follow-up-Studie durchführen. Es werden 417 Orchestermusiker aus fünf professionellen schwedischen Orchestern untersucht (337 männliche (Durchschnittsalter: 41 Jahre) und 55 weibliche (Durchschnittsalter: 37 Jahre) Personen. 25 Musiker müssen wegen eines lärmunabhängigen Hörverlustes aus der Studie ausgeschlossen werden. Im Hörvermögen gibt es keinen Unterschied zwischen Musikern eines Orchesters zur Normalbevölkerung.

Bei Flötisten wird eine beidseitige Absenkung von 20 dB bei 6.000 Hz gefunden. Bei den Bassisten dagegen zeigt sich eine linksseitige Absenkung des Hörvermögens im Hochtonbereich. Insgesamt kann eine Seitendifferenz beider Ohren von 5 dB bei 6 und 8 kHz festgestellt werden. Dabei zeichnet sich das linke Ohr immer schlechter als das rechte Ohr ab. Bei den Musikern, die zuvor in einem Militärorchester spielten, ist das Gehör etwas schlechter. Die Altersschwerhörigkeit wird berücksichtigt. Im Beobachtungszeitraum von 6 Jahren zeigt sich bei den Musikern im Durchschnitt keine über die normale Altersverschlechterung hinausgehende Hörverschlechterung. Die Autoren kommen zu dem Schluss, dass die musikalische Arbeit im Orchester nicht das Risiko einer Hörstörung steigert, auch wenn einzelne sensible, gehöreempfindliche Musiker einen Hörschaden erleiden können (Karlsson et al., 1983).

### **4.3 Zusammenfassung der Studien im Kontext der Teilaspekte zur Fragestellung**

Die vorliegenden Ergebnisse der Studien verdeutlichen die heterogene Studienlage zur Entstehung einer Lärmschwerhörigkeit bei Musikern. Im Jahre 2008 wird eine Dissertation von Frau Holstein zum Thema „Hörprobleme bei Musikern“ verfasst. Die Zielsetzung der Arbeit liegt darin, die bis dato publizierten Befunde und Erkenntnisse zur Frage der Gehörschädigung bei Musikern durch das Spielen im Orchester, zu analysieren. Auch sie berichtet über uneinheitliche Studienergebnisse und stellt die großen Unterschiede in der Methodik fest. Es gibt einige Überschneidungen beziehungsweise gleiche Feststellungen von Frau Holstein und der Autorin.

An dieser Stelle werden die Ergebnisse nun in Bezug auf die Forschungsfrage „Ist Orchestermusik als eine potenziell schädigende Ursache für eine Lärmschwerhörigkeit zu betrachten?“ zusammengefasst betrachtet. Zur besseren Übersicht erfolgt dies untergliedert in die unter Kapitel 2.1 beschriebenen Teilaspekte der Fragestellung:

#### **1. Ist Musik nach der Definition der Lärm- und Vibrationsschutzverordnung als Lärm zu bezeichnen?**

Schall ist als Lärm nach der Definition der Lärm- und Vibrationsschutzverordnung ab einem Schalldruckpegel von 85 dB bei einer täglichen Arbeitszeit von acht Stunden zu bezeichnen.

Fünf der ausgewählten Studien sprechen dafür, dass Musik zu einer Lärmschwerhörigkeit führen kann.

In der Studie von Axelsson und Lindgren (1981), Emmerich (2007) sowie bei Pawlaczyk-Luszczynska 2011 und 2013 werden Angaben zum durchschnittlichen Schallpegel gemacht, wobei diese in allen Fällen die 85 dB überschreiten. Diese Aussagen bestätigen die Definition der Lärm- und Vibrationsschutzverordnung, was bedeutet, dass das Orchester für Musiker ein Lärmarbeitsplatz darstellt.

Im Gegensatz dazu beschreiben sieben der ausgewählten Studien das Risiko für die Entstehung einer Lärmschwerhörigkeit als unwahrscheinlich. Hierbei fällt auf, dass dies sich jedoch nur auf die Interpretation der Autoren bezieht, da die Daten keineswegs eindeutig sind.

In der Studie von Flach et al. (1972) sowie Flach und Aschoff (1966) werden Angaben zum Schallpegel gemacht, wobei diese nicht als durchschnittliche

Schallpegel angegeben werden. In der Studie von Flach et al. werden Spitzenintensitäten von bis zu 120 dB beim Tuttispiel in großer Besetzung gemessen. In Flach & Aschoffs Studie liegt der höchst gemessene Schalldruckpegel im Orchesterraum zwischen 95 und 120 DIN-Phon. Die Pegel werden nur in DIN-Phon und nicht in dB (A) angegeben, und es wird kein Mittelungspegel genannt. Bei Fleischer & Müller (2005) werden keine Angaben bezüglich des Schallpegels gemacht. In Jansens et al. Studie aus dem Jahr 2008 lassen sich ebenfalls keine Angaben zur Dauer der Exposition und zur Höhe der Lärmbelastung finden. Diese Aussage trifft auch auf Kähäris et al. Studien von 1995a und 1995b sowie auf Karlssons et al. (1983) Studie zu.

Da nicht nur die Intensität der Exposition durch den Schallpegel, sondern auch die Dauer für eine Bewertung des Lärmschwerhörigkeitsrisikos relevant ist, wird nun ausgewertet, ob dies in den Studien Berücksichtigung findet.

Die Studien, welche ein erhöhtes Risiko nachweisen, treffen häufig keine eindeutige Aussage über die Einhaltung der 40 Stunden Woche.

Bei Axelsson & Lindgren (1981) wird eine wöchentliche Expositionsdauer von 38,6 Stunden für Proben, Unterricht + 25 Stunden im Orchester angegeben. In Emmerichs Studie (2007) wird jedoch ausschließlich von einer wöchentlichen Exposition von 29,2 h für Proben berichtet. In der Pawlaczyk - Luszczynska Studie von 2011 werden Zeitangaben von wöchentlich 31,2 h +/- 10,2 h für Proben genannt. In der Pawlaczyk-Luszczynska Studie von 2013 werden Zeitangaben von wöchentlich 30 h für Musizieren + 22,5 h für individuelles proben und musizieren in der Gruppe genannt. Rabinowitz (1982) macht weder Angaben bezüglich der Expositionsdauer noch Angaben zum Schalldruckpegel.

Da die Angaben in den Studien lückenhaft, unterschiedlich und zum Teil wenig aussagekräftig sind, lässt sich das Risiko für eine Lärmschwerhörigkeit nicht eindeutig feststellen.

Die Studien, welche nicht für ein erhöhtes Risiko sprechen, machen keine Angaben bezüglich der täglichen oder wöchentlichen Arbeitszeit.

## **2. Haben die unterschiedlichen Instrumente grundsätzlich Einfluss auf das Hörvermögen der Spieler?**

Bei dieser Fragestellung soll der Einfluss der Lärmschwerhörigkeit bezogen auf die unterschiedlichen Instrumente betrachtet werden. Hierbei werden in drei der fünf Studien Angaben gemacht.

In der Studie von Axelsson & Lindgren (1981) weist die Gruppe der Blechbläser das schlechteste Gehör vor. Schlagzeuger zeigen den größten Unterschied zwischen dem Gehör des rechten und linken Ohres. Insgesamt haben die Schlagzeuger in der Studie das beste Gehör. Ein erhöhtes Risiko für einen Hörverlust weisen die Musiker auf, die Horn, Trompete, Fagott oder Posaune spielen.

In Emmerichs Studie aus dem Jahr 2007 werden neben der Betrachtung der verschiedenen Instrumente zusätzlich das Alter (Durchschnittsalter: 43,9 Jahre) mitberücksichtigt. Ein signifikantes Ergebnis zeigt sich in einem größeren Hörverlust im höheren Alter verglichen mit den jüngeren Orchestermittgliedern. Die größte auffallende Hörschwellenverschiebung (PTS) zeigt sich bei den Streichern. Spieler der Violinen zeigen eine beidseitige PTS.

In der Pawlaczyk-Luszcynska Studie von 2011 wird das höchste Risiko einer Lärmschwerhörigkeit bei den Spielern, die Horn, Trompete, Tuba oder Schlagzeug spielen, zugeordnet.

In der Pawlaczyk-Luszcynska Studie von 2013 werden keine expliziten Angaben zur Lärmschwerhörigkeit bezogen auf die unterschiedlichen Instrumente getroffen.

Diese Aussage trifft auch für die Studie von Rabinowitz et al. zu.

Auch hier lassen sich keine übereinstimmenden Studienaussagen finden. Wenn Angaben zu den verschiedenen Instrumenten gemacht werden, haben die Spieler der Blechblasinstrumente (Fagott, Posaune, Tuba, Trompete, Horn) ein erhöhtes Risiko, an einer Lärmschwerhörigkeit zu erkranken.

Bei den Studien die gegen ein erhöhtes Risiko einer Entstehung der Lärmschwerhörigkeit sprechen, lassen sich in fünf der sieben Studien folgende Angaben finden.

Flach et al. (1972) stellt in seiner Studie dazu keinen Unterschied fest.

In Flach & Aschoffs Studie (1966) werden gering- bis mittelgradige Schallempfindungsstörungen bei 14,5% der Streicher, bei 8,5% der Holzbläser und



bei 2,2% der Blechbläser gefunden. Es ergeben sich dabei keine Unterschiede im durchschnittlichen Hörvermögen der verschiedenen Instrumentengruppen. Allerdings zeigen Geiger eine höhere Schallbelastung am linken als am rechten Ohr. Geringe Innenohrschäden in höheren Frequenzen sind bei Streichern häufiger als bei Blechbläsern zu finden. Acht Geiger (von 111) weisen eine stärkere Belastung des linken Ohres auf, wobei eine linksseitige Schwerhörigkeit im Bereich von 4.000 Hz erkennbar ist. Bei insgesamt 44 Musikern werden gering- bis mittelgradige Innenohrschäden festgestellt.

Bei Fleischer & Müller (2005) werden dazu keine Angaben gemacht.

In Jansens et al. Studie (2008) werden die großen Instrumentengruppen „hohe Streicher“, „tiefe Streicher“, „Holzbläser“ und „Blechbläser“ betrachtet. 40-45% fallen in die Kategorie der normal Hörenden. Ein Abfall der Hörschwelle wird bei 14 Musikern bei den hohen Streichern, acht Musiker bei den tiefen Streichern und sechs Musiker bei den Holzbläsern gefunden. Mit Hilfe eines Signifikanztests wird eine durchschnittlich bessere Hörschwelle bei den tiefen Streichern gegenüber der Hörschwelle der hohen Streicher, Blechbläser und Holzbläser festgestellt.

In Kähäris et al Studie 1995a haben Schlagzeuger und Holzbläser ein etwas schlechteres Gehör als andere Musiker. In der Gesamtbetrachtung haben Schlagzeuger das schlechteste und Musiker großer Streichinstrumente das beste Gehör.

In Kähäris Studie 1995b liegen die meisten Musiker im Hochtonfrequenzbereich zwischen dem ISO-Median und dem 90. Perzentil verteilt. In elf Fällen liegen die Werte jedoch außerhalb des Bereichs und sieben Musiker haben ein schlechteres linkes Hörvermögen. Bei den Personen handelt es sich um vier Holzbläser, vier Streicher, zwei Blechbläser und ein Schlagzeuger.

In Karlsson et al. Studie wird bei den Flötisten eine beidseitige Absenkung von 20 dB bei 6.000 Hz gefunden. Bei den Bassisten dagegen zeigt sich eine linksseitige Absenkung des Hörvermögens im Hochtonbereich. Insgesamt kann eine Seitendifferenz beider Ohren von 5 dB bei 6.000 und 8.000 Hz festgestellt werden. Dabei zeichnet sich das linke Ohr immer schlechter als das rechte Ohr ab. Bei den Musikern, die zuvor in einem Militärorchester gespielt haben, war das Gehör etwas schlechter.

Auch hier lassen sich keine übereinstimmenden Aussagen finden. Wenn Angaben zu den verschiedenen Instrumentengruppen gemacht werden, sind Spieler der hohen Streichinstrumente, Holzblasinstrumente, Blechblasinstrumente und Schlagzeuger von einem schlechteren Gehör betroffen. Einige Studien zeigen, dass Geiger auf dem linken Ohr einen größeren Hörverlust erleiden als auf dem rechten. Dies kann darauf zurückzuführen sein, dass das linke Ohr dem Schall mehr ausgesetzt ist, während das rechte Ohr weiter entfernt von der Schallquelle ist.

### **3. Gibt es geschlechterspezifische Unterschiede bezüglich der Lärmexposition?**

Angaben zu geschlechterspezifischen Unterschieden bezüglich der Lärmschädigung im Orchester werden in drei von fünf Studien beschrieben.

Axelsson und Lindgren (1981) stellen fest, dass im Allgemeinen die männlichen Probanden schlechter hören als die weiblichen Kolleginnen.

In der Pawlaczyk-Luszcynska-Studie von 2011 übersteigen die Messwerte im Bereich von 1–3 kHz, 45 dB. Dadurch ist bei 2% der Frauen und 3–4% der Männer eine Hörschwellenverschiebung möglich. Diese Messung trifft auf die Musiker zu, die Streichinstrumente, Klarinette, Fagott, Blechblasinstrumente und Schlagzeug spielen. In dem Frequenzbereich 2–4 kHz, >35 dB steigt die Hörschwellenverschiebung bezogen auf das Alter und Geräusch auf 4-29 % bei Frauen und 18–44 % bei Männern.

In der Pawlaczyk-Luszcynska Studie von 2013 zeigt sich in der Analyse von gering exponierten Personen bei den Frauen ein besseres Gehör als bei den Männern.

In Rabinowitz' Studie (1982) finden sich keine Angaben zu geschlechterspezifischen Eigenschaften in Bezug auf die Lärmschwerhörigkeit und bei Emmerich (2007) findet ebenfalls keine Unterscheidung der Geschlechter statt.

In drei von fünf Studien wird die eindeutige Aussage getroffen, dass Frauen ein besseres Gehör als Männer haben. Bei Pawlaczyk-Luszcynska et al. (2013) werden explizit Untersuchungen zur Hörschwellenverschiebung durchgeführt. Das Ergebnis zeigt, dass Frauen eine geringere Hörschwellenverschiebung als Männer haben.

Lediglich in zwei von sieben Studien werden Angaben zum Gehör bezogen auf das Geschlecht beschrieben.

Flach et al. (1972) gibt dazu keine Angaben an.

Diese Aussage trifft auch auf Flach & Aschoffs Studie (1966) sowie Fleischer & Müllers (2005) und Jansens Studie (2008) zu.

In Kähäris et al. Studie 1995a haben die Musikerinnen ein signifikant besseres beidseitiges Gehör im hohen Frequenzbereich als ihre männlichen Kollegen. Dies könnte einerseits daran liegen, dass die Männer im Schnitt fünf Jahre älter sind und dass mehr Männer die lauten Instrumente wie Holz, Blech und Schlagzeug spielen.

In Kähäris et al. Studie 1995b weisen die Männer bei 4, 6 und 8 kHz einen etwas höheren, nicht signifikanten, Hörverlust auf. Im Vergleich zur ersten Untersuchung verschlechtert sich dieser Wert um 0,7 dB/ Jahr. Das Gehör der Frauen hingegen nimmt nur um 0,4 dB/Jahr ab. Beide Geschlechter zeigen jedoch keine signifikante Hörreduktion während der 16 Jahre im Vergleich zur ISO 7029-Population.

In Karlssons et al. Studie (1983) werden keine Angaben zu geschlechterspezifischen Unterschieden getroffen.

Frauen zeigen in den zwei beschriebenen Studien ein besseres Gehör als Männer auf.

#### **4. Gibt es altersbezogene Auffälligkeiten in Bezug auf das Gehör?**

Wird das Alter in Bezug auf eine Lärmschwerhörigkeit betrachtet, finden sich in allen Studien Angaben zum durchschnittlichen Alter.

In der Studie von Axelsson & Lindgren (1981) ist ein durchschnittliches Alter von 35,2 Jahren und 46,3 Jahren bei Musikern angegeben. Bei 59 Personen ergibt sich ein Hörergebnis, das schlechter ist als für den Altersdurchschnitt zu erwarten. Den größten Hörverlust weisen die Blechbläser auf, wobei berücksichtigt werden muss, dass in dieser Gruppe auch die ältesten Probanden mitspielen.

In Emmerichs et al. Studie aus dem Jahr 2007 erfolgt eine Gruppierung der professionellen Spieler in vier verschiedene Altersgruppen. Der mittlere Altersdurchschnitt liegt bei 43,9 Jahren bei einer Altersspanne von 30 bis 69 Jahren. Eine bemerkenswerte Eigenschaft wird bei der Gruppe der Streicher festgestellt. Sie weisen eine Hörschwellenverschiebung (PTS) auf. Erkennbar ist diese bereits in der Altersgruppe 30-39 Jahre und verschlechtert sich dabei mit steigendem Alter und der Dauer, in der die Musiker tätig sind. Es zeigt sich ein größerer Hörverlust im höheren Alter verglichen mit den jüngeren Orchestermittgliedern.

In Pawlaczyk-Luszczynska Studie (2011) sind die Personen im Schnitt 44 Jahre alt und befinden sich im Alter von 22 bis 67 Jahren. Mit Hilfe der ISO 1999:1990, werden die Standardwerte des Risikos eines Hörverlusts bezogen auf das Alter und dem Lärm, mit der Bevölkerung verglichen.

In der zweiten Studie von Pawlaczyk-Luszczynska et al., die im Jahr 2013 durchgeführt wird, ist die Kohorte im Alter von 24 bis 67 Jahren, wobei der Altersdurchschnitt bei 43,5 Jahren liegt. Auch hier werden die audiometrischen Werte mit Normwerten der ISO 1999:1990 mit der Bevölkerung verglichen. Generell zeigen die älteren Probanden eine höhere Hörverschlechterung im Vergleich zu den jüngeren.

In Rabinowitz' Studie (1982) sind 38 Probanden jünger als 35 Jahre, 47 Probanden zwischen 36 und 50 Jahren und 25 Probanden über 50 Jahre alt.

Die Erfassung des Alters soll einen möglichen Confounder beziehungsweise eine Missinterpretation durch die generell auftretende Presbyakusis ausschließen. Es sollen nur die tatsächlichen Effekte durch die Musik gemessen werden und nicht generell vorhandene Entwicklungen.

Bei den Studien, die gegen das Risiko der Entstehung einer Lärmschwerhörigkeit sprechen, lassen sich in sechs der sieben Studien Altersangaben finden.

Bei Flachs et al. Studie (1972) werden keine Angaben zum Alter der Personen beschrieben.

In Flach & Aschoffs Studie (1966) sind 202 Personen unter 49 Jahren alt und 75 Probanden über 50 Jahre.

Bei Fleischer & Müller (2005) sind die Probanden im Alter zwischen 21 und 70 Jahren, die im Durchschnitt 44 Jahre alt sind.

Bei Jansen et al. (2008) sind die Musiker im Alter von 23 bis 64 Jahren. Im 10., 25., 50. und 75. Perzentil erreichen die meisten Musiker gleiche beziehungsweise bessere Werte als die, die durch die ISO 7029:2000-Population erfasst wurden. Ausnahme besteht hierbei bei 6 kHz, wo die Verteilung der Hörschwellenverschiebung größer ist als bei der Vergleichspopulation. Im 90. Perzentil liegen die Musiker in allen Frequenzen unter der ISO- Population.

In Kähäris et al. Studie (1995a) sind die männlichen Teilnehmer im Durchschnitt 42 Jahre und die weiblichen Teilnehmerinnen 37 Jahre alt. Die Autoren begründen das

bessere beidseitige Gehör im hohen Frequenzbereich bei den Frauen mit dem Alter, da die Männer im Schnitt fünf Jahre älter sind.

In Kähäris et al. Studie (1995b) sind die männlichen Probanden im Durchschnitt 50 Jahre alt und die weiblichen Probanden 46 Jahre alt. Beide Geschlechter zeigen jedoch keine signifikante Hörreduktion während der 16 Jahre im Vergleich der gleichaltrigen ISO 7029-Population.

Bei den Studien fällt auf, dass zur Beurteilung der altersbezogenen Werte die Daten immer unterschiedlich ausgewertet werden. In einigen Fällen dienen die Angaben lediglich als allgemeine Information, in anderen Studien werden die Werte jeweils mit einer altersentsprechenden Population verglichen und fließen in die Auswertung mit ein.

## **5 Diskussion**

Die derzeitige Studienlage ist, wie bereits erwähnt, in ihren Ergebnissen sehr widersprüchlich. Obwohl gezeigt wird, dass Musiker beim Musizieren einem hohen Schalldruckpegel ausgesetzt sind, der potenziell gehörschädigend sein kann, ist bis heute umstritten, ob Musizieren eine Lärmschwerhörigkeit begünstigt.

Die aufgezeigten Studien geben in den meisten Fällen lediglich eine Momentaufnahme der Situation wieder oder werden als Ein-Punkt-Erhebungen durchgeführt. Langzeitauswirkungen oder eindeutige Schlussfolgerungen sind dabei nur sehr begrenzt möglich. Ein Vergleich der audiometrischen Untersuchungen in den gefundenen Studien ist schwierig möglich, da bereits bei der Auswahl der Beurteilungskriterien der Probanden, der statistischen Verfahren und des Untersuchungszeitpunktes große Unterschiede bestehen. Um ein Beispiel zu nennen, beurteilt Rabinowitz et al. (1982) die Audiogramme der Probanden ohne Berücksichtigung des Alters und Geschlechts wobei Axelsson & Lindgren (1981) altersbezogene Referenzwerte zur Beurteilung heranziehen.

Den Studien von Axelsson & Lindgren (1981) und Pawlaczyk–Luszczynska (2011) kann für die Beurteilung eine hohe Gewichtung zugeordnet werden, da hier Angaben zu allen Parametern Lärmintensität, Expositionszeit, durchschnittliches Alter und ein ausführlicher Audiometriebefund gemacht werden und eine hohe qualitative Erfassung der Daten erkennbar ist.

Dabei richten sich in Axelssons & Lindgrens Studie die Kriterien für die Beurteilung der Audiogramme nach den altersklassifizierten Medianwerten +/- 15 dB. Auch die

Presbyakusis findet bei der Auswertung der Daten Berücksichtigung. Da sich beide Autoren für das erhöhte Risiko zur Entstehung einer Lärmschwerhörigkeit positionieren, kann die Forschungsfrage „Ist Orchestermusik als eine potenziell schädigende Ursache für eine Lärmschwerhörigkeit zu betrachten?“ angenommen werden.

Die Kriterien für die Auswahl der Probanden bleiben bei Flach & Aschoff unklar. Die Schlussfolgerung ist äußerst fragwürdig, da das Ergebnis einen eindeutigen Gehörschaden feststellen lässt, die Autoren diese jedoch nicht als eine Lärmschwerhörigkeit interpretieren.

Auch in Flachs Studie findet sich keine eindeutige Erklärung, dass die Lärmschwerhörigkeit nicht durch die Musik verursacht wird. Aus heutiger Sicht sprechen die Daten eher für eine Lärmschwerhörigkeit. Das Studienergebnis kann durch Musikstudenten und Schüler positiv beeinflusst sein, da Jugendliche eine wesentlich kürzere Musikkarrierelaufbahn haben als Musiker, die mehrere Jahre im Orchester spielen.

Keine Studie betrachtet die Musiker individuell, da sie immer im Kollektiv ausgewertet werden. Es ist somit schwer beurteilbar, welche individuellen Risikofaktoren eine Rolle spielen. Gleiches gilt für die Interpretation der Lärmdauer und somit der Belastungszeit des Gehörs, die schwer zu beurteilen sind, da viele andere musikalische Aktivitäten außerhalb des Orchesters ebenso auf das Gehör einwirken, jedoch nicht ausreichend berücksichtigt werden.

Es wird in keiner der Studien Angaben zur aktiven Spielzeit (in Jahren) gefunden. Lediglich mit Hilfe der Angabe des durchschnittlichen Alters kann auf eine Expositionszeit geschlossen werden. Um exakte Ergebnisse auswerten zu können, wäre es wichtig, zu wissen, wie viele Jahre die Musiker bereits im Orchester ihre Tätigkeit ausüben. Mit Hilfe dieses Parameters können die Musiker in Lärmjahresklassen eingeteilt werden.

Die Studien lassen keine aussagekräftigen Details, die das Risiko für eine Lärmschwerhörigkeit bestätigen, zu. Um jedoch zu erörtern, ob Orchestermusiker gehörschädigenden Intensitäten ausgesetzt sind, ist es wichtig, Angaben zur Dauer der Exposition, zur Höhe der Lärmbelastung und zum Schalldruckpegel zu betrachten.

## **6 Limitationen der Studienergebnisse**

Die Limitationen der Studien sowie die daraus resultierende Forschungsrelevanz sollen im Folgenden dargestellt werden. Anschließend wird ein Ausblick über mögliche gesundheitsfördernde Maßnahmen, die ergriffen werden sollten, gegeben.

Die vorliegenden Studien weisen eine Anzahl von Limitierungen auf, die bei möglichen Schlussfolgerungen zu bedenken sind. Die Daten, die erhoben werden, können oftmals nicht nachvollzogen werden, da wichtige Details nicht angegeben sind. Einige Rückschlüsse der Autoren beruhen auf nicht exakt erhobene Daten und sind damit nicht oder nur wenig aussagekräftig.

In vielen Studien fehlen wichtige Informationen bei Angaben des Beurteilungspegels. Es lassen sich keine Hinweise zu den räumlichen Gegebenheiten oder der Frequenzverteilung finden. Dabei haben tiefere Frequenzen weniger schädliche Wirkungen auf das Gehör als hohe Frequenzen. Beides ist wichtig, um zu entscheiden, ob die gespielte Musik gehörschädigend ist.

Ein wichtiger Punkt ist die Expositionsdauer, da diese unterschiedlich lang sein kann und einen starken Einfluss auf die Bewertung hat. Zur Kontinuität oder Unterbrechung der Musik werden ebenfalls keine Angaben gemacht. Die Dauer der Musikausübung und individuelle Faktoren werden nur teilweise mit Hilfe der Fragebögen erfasst. Das Alter, Geschlecht, Gehörschäden und die individuell sehr unterschiedliche Lärmfestigkeit spielen für die Entwicklung eines lärminduzierten Hörschadens ebenfalls eine zentrale Rolle.

Die Ergebnisse der vorliegenden audiometrischen Untersuchungen der Musiker sind bezüglich einer besonderen Gehörgefährdung widersprüchlich. Diese Widersprüchlichkeit ist insbesondere methodischer Natur. Es ist wahrscheinlich, dass berufliches Musizieren zumindest in einzelnen Fällen zu einer Hörminderung erheblichen Ausmaßes führen kann. Neben Art und Umfang der beruflichen Schallbelastung ist die individuelle Lärmempfindlichkeit von Bedeutung.

Eine weitere Einschränkung ergibt sich aus dem Nichtvorhandensein einer Kontrollgruppe. Die meisten Studien sind Querschnittsuntersuchungen. Um jedoch eine Dosis-Wirkungs-Beziehung nachzuweisen, ist es unablässig, eine Längsschnittuntersuchung durchzuführen. Um inhaltsträchtige Aussagen für die Zukunft generieren zu können, ist es zu empfehlen die gleiche Probandengruppe der Studien mit Hilfe einer Follow-up Studie zu untersuchen. Dabei sollte eine Schallpegelmessung während der gesamten Expositionsperiode stattfinden. Es

sollten Dauerschallpegel und Mittelungspegel angegeben werden und im Frequenzbereich von 0,25–8 kHz gemessen werden. Wichtig dabei ist, dass die Hörtests nach einer Lärmpause von mindestens 48 Stunden erfolgen, um eine TTS-Verzerrung ausschließen zu können. Alle Messdetails sind von großer Bedeutung und müssen aufmerksam betrachtet werden. Die gemessenen Expositionen sollten genormt und die Messergebnisse in Beziehung zu den audiometrischen Testergebnissen der Musiker gesetzt werden. Nur dann können die Ergebnisse mit den Vorgaben der ISO 1999 verglichen werden. Generell lassen sich durch einmalige audiometrische Untersuchungen keine Aussagen über einen Effekt eines Faktors treffen. Dazu müssen randomisierte Längsschnittstudien mit Kontrollgruppen durchgeführt werden.

## **7 Handlungsempfehlungen für gesundheitsfördernde Maßnahmen**

Die Auflistung der verschiedenen Gehörschutzmaßnahmen wird an Anlehnung der Maßnahmenhierarchie des Arbeitsschutzes erfolgen. Dabei wird immer versucht, von der geringsten Reichweite der Maßnahmen, der verhaltensbezogenen und Nutzung der persönlichen Schutzausrüstung über organisatorische und sicherheitstechnische Maßnahmen das Ziel der Beseitigung der Gefahrenquelle anzustreben.

In einem Orchester lässt sich der Schall jedoch nur schwer an der Entstehungsstelle reduzieren, wie das an Arbeitsplätzen sonst häufig möglich ist. Schallschutzmaßnahmen lassen sich daher nur durch persönliche, organisatorische und bauliche sowie durch schallreduzierende Maßnahmen auf dem Ausbreitungsweg realisieren. Hinzu kommt eine gesundheitliche Vorsorge zum Beispiel in Form einer arbeitsmedizinischen Vorsorgeuntersuchung.

Auch wenn es zu keiner einheitlichen Stellungnahme des Vorliegens einer Lärmschwerhörigkeit bei Musikern kommen kann, ist festzuhalten, dass die Studien zeigen, dass in den meisten Orchestern der Expositionspegel von 85 dB (A) überschritten wird. Unverändert erhalten bleibt das allgemeine Gebot zur Minimierung der Schallexposition mit dem Präventionsziel der Verringerung der Gefährdung von Gesundheit und Sicherheit und insbesondere der Vermeidung eines lärmbedingten Hörschädens. Um die Gesundheit der Musiker aufrecht erhalten zu können beziehungsweise positiv zu beeinflussen, soll nun über mögliche Präventionsprogramme nachgedacht werden.



Musik als solches hat bereits eine positive Wirkung auf die Gesundheit. Eine Studie von Bygren zeigt, dass Personen, die regelmäßig ein musikalisches Kulturprogramm in Anspruch nehmen, eine signifikant höhere Lebenserwartung aufzeigen im Vergleich zu Menschen, die dies weniger tun (Spahn, Biehl, 2008). Musizieren hat einen positiven Einfluss auf den physiologischen Ablauf und die Regulierung wichtiger Körperfunktionen. Besonders die Atmung, die Körperhaltung und die Körperspannung werden dabei beansprucht. Professionelle Bläser verfügen in Bezug auf ihr Herz-Kreislaufsystem über eine Kondition ähnlich dem Marathonläufer.

Auf Grund der hohen Fallzahlmeldungen die jährlich an die Berufsgenossenschaft gemeldet werden, ist das Angebot von Vorsorgeuntersuchungen empfehlenswert. Der Arbeitgeber ist ohnehin verpflichtet, arbeitsmedizinische Untersuchungen anzubieten und durchzuführen. Dabei steht vom Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften eine Reihe grundsätzlicher Untersuchungen zur Verfügung. Die G 20, welche die Lärmvorsorgeuntersuchung ist, ist dabei eine arbeitsmedizinische Vorsorge (DGUV, 2015). Eine solche Untersuchung wird dann erforderlich, wenn der Beurteilungspegel am Arbeitsplatz 85 dB (A) und mehr beträgt. Bei den Gehörvorsorgeuntersuchungen sind Erst- und Nachuntersuchungen voneinander zu unterscheiden.

### **Vorsorgeuntersuchungen:**

Die Erstuntersuchungen finden vor Aufnahme der Tätigkeit statt und eine erste Nachuntersuchung wird nach einem Jahr durchgeführt. Grundsätzlich stehen drei medizinische Tests zur Verfügung: der Siebttest Lärm 1, die Ergänzungsuntersuchung Lärm 2 und die erweiterte Ergänzungsuntersuchung Lärm 3 (DGUV, 2015).

Der Siebttest Lärm 1 beinhaltet eine Anamnese, eine Untersuchung des Außenohres, eine Tonschwellenaudiometrie in den Frequenzen 1-6 kHz und ein Beratungsgespräch zum Thema Gehörschutz. Zeigt dieser Test einen auffälligen Befund, erfolgt automatisch die Ergänzungsuntersuchung Lärm 2.

Die Ergänzungsuntersuchung Lärm 2 beinhaltet eine otoskopische Untersuchung (Ohrspiegelung) sowie eine Audiometrie mit Luft- und Knochenleitung in den Frequenzen 0,5-8 kHz. Zeigt sich bei diesem Test ein Knochenleitungshörverlust auf beiden Ohren bei 2 kHz, 40 dB, oder wird dieser Wert überschritten, schließt sich automatisch die Ergänzungsuntersuchung Lärm 3 an. Die Ergänzung bezieht sich hier auf eine Sprachaudiometrie (ebd.).

Mit Hilfe der genannten Untersuchungen können Veränderungen des Gehörs frühzeitig erkannt und Maßnahmen für die Gesunderhaltung des Hörorgans getroffen werden. Die Hörfähigkeit der Beschäftigten kann somit kontrolliert und auf einem hohen Niveau gehalten werden, so dass die Arbeitsfähigkeit der Musiker nachhaltig gesichert wird. Prävention sollte nicht erst in Kraft treten, wenn schon Beschwerden bestehen oder bereits irreparable Schäden eingetreten sind. Mit der Prävention sollte vielmehr die Investition in die eigene gesundheitliche Zukunft gesehen und vorbeugend gehandelt werden.

Einen positiven Effekt einer körperlichen, geistigen und sozialen Gesundheit erleben Profimusiker meistens direkt durch eine verbesserte musikalische Performance.

### **Physische individuelle Hörschutzmaßnahmen:**

Eine weitere präventive Maßnahme bieten unterschiedliche Formen von Ohrstöpseln. Die Auswahl eines geeigneten Gehörschutzes sollte sich nach den unterschiedlichen Einsatzbereichen richten. Hier reicht das Repertoire von den Proben über den Unterricht bis hin zu den Konzertaufführungen. Wie lange und wie laut gespielt wird, ist ebenfalls zu berücksichtigen. Die größte Schwierigkeit liegt nun darin, einen möglichst unverfälschten Höreindruck der Musiker im Hinblick auf deren künstlerische und qualitative Ansprüche zu erreichen. Der Schallpegel am Ohr sollten auf ein ungefährliches Maß gesenkt werden, ohne jedoch den Höreindruck, speziell die höheren Frequenzanteile, stark zu verändern. Wird der Gehörgang durch einen Gegenstand wie zum Beispiel Ohrstöpsel blockiert, verändert das die akustische Wahrnehmung. Dieser Effekt wird als Okklusionseffekt oder Verschlusseffekt bezeichnet (Brockt, 2008, S. 62). Der Schall des Instrumentes wird dann über die Kieferknochen geleitet und anders wahrgenommen. Um diesem Okklusionseffekt entgegenzuwirken, sollten die Musiker einen angepassten Gehörschutz verwenden, der tief im Ohr sitzt und bis zum inneren knöchernen Teil des Gehörgangs reicht.

Die folgenden Typen des Gehörschutzes lassen sich wie folgt beschreiben:

#### **Typ 1: Otoplasten**

Ein Otoplast ist ein individueller Gehörschutz, der nach Abformung des Gehörgangs gefertigt ist. Um zuverlässigen Hörschutz zu realisieren, ist eine perfekte Passform essenziell. Diese sind mit einem linearen Filter und einer flachen Dämmcharakteristik ausgestattet. Durch ihre dämmende Wirkung, ihren Frequenzgang und ihre

Passform sind sie am ehesten für Musiker geeignet. Sie verringern den Schallpegel im gesamten Frequenzbereich. Dabei wird der Klang und Frequenzgang nicht verfälscht und der Schall trotz Lärmreduzierung nahezu unverändert in das Innenohr weitergeleitet (Brockt, 2008, S. 65f.).

Der in der Abbildung vorliegende Gehörschutz eignet sich besonders gut für die Holzbläser, Flötisten, kleine (Geige, Bratsche) und große (Kontrabass, Cello, Harfe) Streicher.



Abbildung 5: Individuell angepasster Gehörschutz: Elacin. Quelle: Brockt, 2008

### **Typ 2: geformte Gehörschutzstöpsel**

Fertig geformte Gehörschutzstöpsel haben eine Universalpassform zum Gehörgang des Durchschnittsmenschen. Diese sind mit einem Filter ausgestattet, der die hohen und tiefen Frequenzen möglichst gleichmäßig dämpft. Die Dämmcharakteristik ist hierbei jedoch nicht so flach wie bei Otoplastiken (Brockt, 2008, S. 67).



Abbildung 6: Fertig geformte Gehörschutzstöpsel. Quelle: Brockt, 2008

### **Typ 3: Schaumstoff-Gehörschutzstöpsel**

Schaumstoff-Gehörschutzstöpsel bestehen aus einem weichen Material, was gut formbar ist und sich somit leicht in den Gehörgang einführen lässt. Sie dichten damit den Gehörgang gut ab, aber verzerren den Klang der Musik. Durch eine hohe Dämmcharakteristik werden hohe Frequenzen stärker gedämmt als niedrige. Durch

den Okklusionseffekt wird die Klangempfindung bei Blech- und Holzbläsern verfälscht (Brockt, 2008, S. 68).

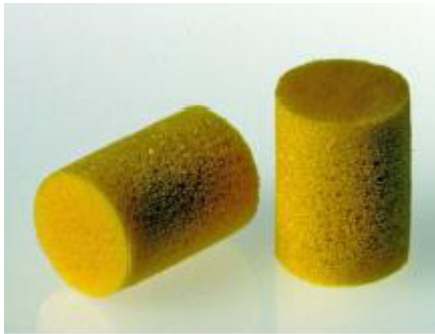


Abbildung 7: Schaumstoff – Gehörschutzstöpsel. Quelle: Brockt, 2008

#### **Typ 4: In-Ear-Monitor-Systeme**

Bei dem In-Ear-Monitor-System handelt es sich um einen Gehörschutz, der aus einem angepassten Gehörschutzstöpsel und einem drahtlosen Sender/Empfänger-System besteht. Der Benutzer kann dabei die Höhe der Lautstärke individuell am Gerät regulieren und ist somit einer geringeren Lärmbelastung ausgesetzt. Ungeeignet ist es für Blechbläser, da der Klang aufgrund der Knochenleitung im Schädel verfälscht wird. Besonders wichtig ist die richtige Verwendung des In-Ear-Monitor-Systems, denn wenn die Gehörstöpsel nicht dicht im Gehörgang sitzen, dringt Fremdschall ein, was zur Erhöhung des Lärmpegels führt (Brockt, 2008, S. 69f.)

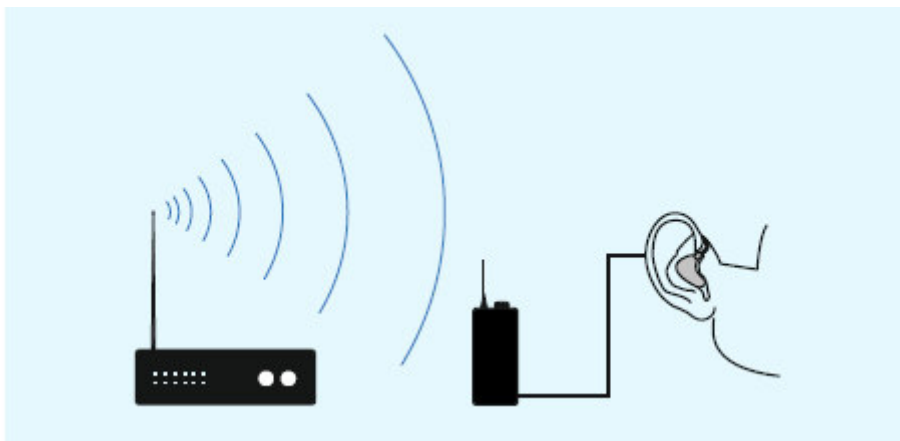


Abbildung 8: In–Ear-Monitor–System. Quelle: Brockt, 2008

#### **Fazit physische individuelle Hörschutzmaßnahmen:**

Das Musizieren mit Gehörschutz ist eine gute Maßnahme, um übermäßige Belastungen beziehungsweise Schädigungen des Innenohres durch akustische Dauerschallereignisse zu reduzieren. Auch wenn die Balance des Klangerlebens für

den Musiker zwischen dem eigenen Instrument und dem Orchester verändert ist, geht der gesundheitliche Schutz des Musikers vor und sollte deshalb priorisiert werden.

Organisatorisch wäre es hilfreich, wenn es zu einem zyklischen Wechsel von Musikern zwischen lauten und weniger lauten Arbeitsbereichen und Tätigkeiten käme. Ausreichende Regenerationsphasen sollten die Berufsmusiker einplanen.

### **Bauliche Maßnahmen zum verbesserten Schutz von Orchestermusikern:**

Durch das Spielen im Graben in den tiefen und teilweise überdachten Orchestergräben kommt es regelmäßig zu starken Reflexionen des Schalls der von den Wänden zurückgeworfen wird (Brockt, 2008, S. 52). Wenn der Graben bei tiefen Eigenfrequenzen dröhnt, haben die Musiker teilweise sogar Schwierigkeiten, ihr eigenes Instrument richtig und deutlich zu hören. Wenn einzelne Spieler dann lauter als angebracht spielen, verleitet es die anderen Spieler dazu, ebenfalls ihr Instrument lauter zu spielen. Dies führt jedoch zu einer frühzeitigen Ermüdung und einer Unzufriedenheit am Arbeitsplatz. Durch eine bauliche Maßnahme könnte der Orchestergraben angehoben werden.

Durch raumakustische Maßnahmen wie Schallschutz-Trennwände zwischen den Musikern oder die Anbringung von faserfreien schallabsorbierenden Materialien an den Raumbegrenzungsflächen kann die Schallexposition ebenso reduziert werden. Dazu hat die Physikalisch-Technische Bundesanstalt in Braunschweig mit Unterstützung der Städtischen Bühnen Münster und der Unfallkasse Nordrhein-Westfalen Schallschutzschirme entwickelt. Der Schallschutzschirm besteht aus einer Holzrahmenkonstruktion mit integrierter angewinkelter Acrylplatte sowie Absorberplatten mit einem Schallabsorptionsgrad von mindestens 0,9 cm (Neumann, Bork, 2011, S. 15f.).

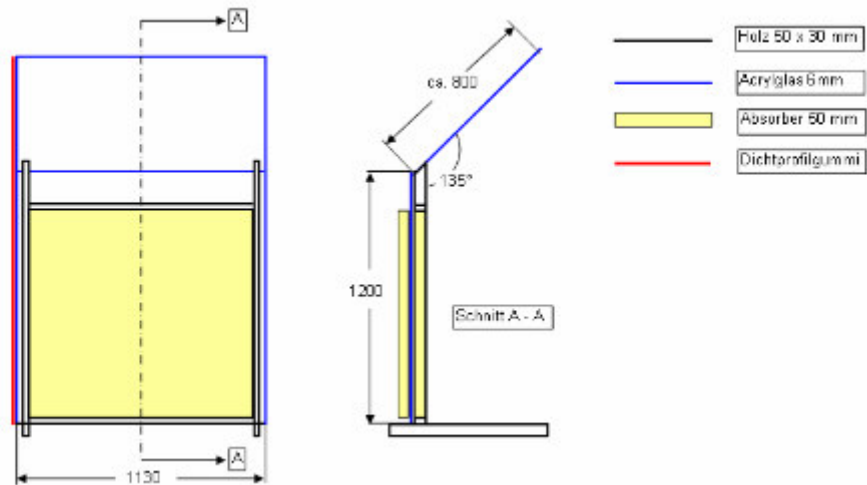


Abbildung 9: Konstruktionsskizze des von der Bundesanstalt entwickelten Baumusters eines Schallschutzschirmes. Quelle: Neumann et al., 2011

Der sehr enge Orchestergraben bietet meistens nur eine Spielfläche von 1-1,25 m<sup>2</sup> pro Musiker. Dadurch wird der Abstand zwischen dem Instrument und dem Ohr, sowie zwischen den Nachbarspielern und dem Gehör deutlich verringert. Bei der Planung und Errichtung einer Bühne (Orchestergraben) könnte versucht werden, die Spielfläche für das Orchester und somit die m<sup>2</sup> für jeden Musiker zu erweitern.

## Literaturverzeichnis

- Axelssons, A., Lindgren, F. (1981). Hearing in classical musicians. *Acta Otolaryngol, Stockh* (Suppl. 377), 3–74.
- Berger, R. (2002). Lärmschäden Medizinische Aspekte zur Lärmbelastung. *Der Internist, 43* (7), 828–832.
- Biegl, T. (2006). Singen macht glücklich. In: Spahn, C. (Hrsg). Musik und Emotion. Tagungsreader der Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Musikpsychologie. Freiburg: Burger 2006, 12-4.
- Blum, J. (Hrsg.). (1995). *Medizinische Probleme bei Musikern*. Stuttgart: Thieme.
- Bortz, J., Döring, N. (2002). *Forschungsmethoden und Evaluation. Für Human- und Sozialwissenschaftler* (Springer-Lehrbuch3., überarbeitete Auflage). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. Verfügbar unter <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-662-07299-8>.
- Brockt, G. (2008). *Safe and Sound. Ratgeber zur Gehörerhaltung in der Musik- und Entertainmentbranche* (1. Aufl). Dortmund: bauer.
- Brusis, T. (2011). Akuter Hörverlust beim Orchestermusiker. *HNO, 59* (7), 664–673.
- Bundesministeriums der Justiz und für Verbraucherschutz (BMJV). (2015). Verordnung über Arbeitsstätten (Arbeitsstättenverordnung). ArbStättV.
- Clift, S., Hancox, G. (2010). The significance of choral singing for sustaining psychological wellbeing: findings from a survey of choristers in England, Australia and Germany. *Music Performance Research* Vol 3(1), 76–96.
- DGUV - Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (Hrsg.). (2015) Arbeitsmedizinische Gehörvorsorge nach G20 "Lärm" [Themenheft]. *Institut Arbeit und Gesundheit der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung*.
- Die Techniker (Hrsg.). (2016) Entspann dich, Deutschland [Themenheft]. *Techniker Krankenkasse*.
- Dieroff, H. G. (1994). *Lärmschwerhörigkeit* (3., völlig überarb. und erw. Aufl). Jena: G. Fischer.
- Emmerich, E., Rudel, L., Richter, F. (2008). Is the audiologic status of professional musicians a reflection of the noise exposure in classical orchestral music? *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology, 265* (7), 753–758.

- Flach, M. (1972). Das Gehör des Musikers aus ohrenärztlicher Sicht. *Monatsschrift für Ohrenheilkunde und Laryngo-Rhinologie* (106 (9)), 424–432.
- Flach, M., Aschoff, E. (1966). Zur Frage berufsbedingter Schwerhörigkeit bei Musikern. *Zeitschrift für Laryngologie, Rhinologie, Otologie und ihre Grenzgebiete*, 49–54.
- Fleischer, G. & Müller, R. (2005). On the relation between exposure to sound and auditory performance. In: Proceedings of the SAE 2005, Noise and Vibration Conference, Traverse City, MI Mees, K. (1986). Adverse effects of drugs on the hearing organ. *Laryngol Rhinol Otol (Stuttg)*. 65 (7), 363–370.
- Hagberg, M., Thiringer, G., Brandström, L. (2005). Incidence of tinnitus, impaired hearing and musculoskeletal disorders among students enrolled in academic music education—a retrospective cohort study. *International Archives of Occupational and Environmental Health*, 78 (7), 575–583.
- Hagendorf, H., Krümmenmacher, J., Müller, H. J., Schubert, T. (2011). *Wahrnehmung und Aufmerksamkeit. Allgemeine Psychologie für Bachelor; mit 7 Tabellen* (Springer-Lehrbuch). Berlin: Springer.
- Heger, D., Holube, I. (2010). Wie viele Menschen sind schwerhörig? *Z Audiol* 49 (2), 61–70.
- Hellbrück, J. (1993). *Hören. Physiologie, Psychologie und Pathologie*. Göttingen: Hogrefe (Teilw. zugl.: Habil.-Schr., 1986).
- Hesse, G. (2014). Hörfähigkeit und Schwerhörigkeit alter Menschen. *HNO*, 62 (9), 630–639.
- Hohmann, B. W., Billeter, T., Dupasquier, S., Zander, M. F., Richter, F. (2006). Hören, Gehörgefährdung und Gehörschutz bei Orchestermusikern und Berufssängern (12), 564–568.
- Holstein, J. (2008). Hörprobleme bei Musikern. (Dissertation der Medizinischen Fakultät der Albert-Ludwigs-Universität). Freiburg im Breisgau.
- Ising, J., Plath, P., Rebentisch, E., Sust, Ch. A. (1996). Arbeitswissenschaftliche Erkenntnisse - Forschungsergebnisse für die Praxis. Wirkungen von Lärm auf das Gehörorgan -Effekte, Mechanismen, Prävention-. *Bröschure Gesundheitsschutz*, 1–25. Verfügbar unter <http://www.baua.de/de/Publikationen/AWE/Band3/AWE97.html>



- Jansen, E. J. M., Helleman, H. W., Dreschler, W.A., de Laat, J. A. P. M. (2009). Noise induced hearing loss and other hearing complaints among musicians of symphony orchestras. *International Archives of Occupational and Environmental Health*, 82 (2), 153–164.
- Kähäri, K. R., Axelsson, A., Hellström, P. A., Zachau, G. (2001). Hearing development in classical orchestral musicians. A follow-up study. *Scandinavian Audiology*, Jul2001 (Vol. 30 Issue 3), 141–149.
- Kähäri, K. R., Axelsson, A., Hellström, P. A., Zachau, G. (2009). Hearing assessment of classical orchestral musicians. *Scandinavian Audiology*, 30 (1), 13–23.
- Karlsson, K., Axelsson, A., Hellström, P. A., Zachau, G. (1983). The hearing of symphony orchestra musicians. *Scandinavian Audiology* Vol. 12(4), 257–264.
- Klöppel, R. (2003). *Das Gesundheitsbuch für Musiker. Anatomie, berufsspezifische Erkrankungen, Prävention und Therapie*. Kassel: Bosse.
- Lazarus, H. (2007). *Akustische Grundlagen sprachlicher Kommunikation. Mit 117 Tabellen*. Berlin: Springer. Verfügbar unter [http://deposit.d-nb.de/cgi-bin/dokserv?id=2874092&prov=M&dok\\_var=1&dok\\_ext=htm](http://deposit.d-nb.de/cgi-bin/dokserv?id=2874092&prov=M&dok_var=1&dok_ext=htm).
- Liedtke, M. (2013). Die Effektive Lärmdosis (ELD) — Grundlagen und Verwendung. *Zentralblatt für Arbeitsmedizin, Arbeitsschutz und Ergonomie*, 63 (2), 66–79.
- Müller, W. A., Frings, S. & Möhrle, F. (2015). Das Gehör. In Müller, W. A., Frings, S., Möhrle, F. (Hrsg.), *Tier- und Humanphysiologie* (S. 487–521). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Müsch, F. H. (2006). *Berufskrankheiten. Ein medizinisch-juristisches Nachschlagewerk*. Stuttgart: Wiss. Verl.-Ges.
- Neumann, H., Bork, I. (2011). Lärmschutz im Orchester. *Musikphysiologie und Musikermedizin*, 18 (1), 14–19.
- Pawlaczyk-Łuszczynska, M., Dudarewicz, A., Zamosjska, M., Zaborowski, K. (2013). Noise-Induced Hearing Loss in Professional Orchestral Musicians. *Archives of Acoustics*, 38 (2).
- Pawlaczyk-Łuszczynska, M., Pawlaczyk-Łuszczynska, M., Dudarewicz, A., Zamosjska, M., Sliwinski-Kowalska, M. (2015). Evaluation of Sound Exposure and

- Risk of Hearing Impairment in Orchestral Musicians. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, 17 (3), 255–269.
- Rabinowitz, J., Hausler, R., Bristow, G., & Rey, P. (1982). A study of the effect of loud music on musicians of the Orchestre de la Suisse Romande. *Medecine et Hygiene* 40, 1909–1921.
- Richter, B., Zander, M., Hohmann, B, Spahn, C. (2011). Gehörschutz bei Musikern. *HNO*, 59 (6), 538–546.
- Richter, B. (2011). Hals-Nasen-Ohrenheilkunde. In: Spahn C, Richter B, Altenmüller E, Hrsg. MusikerMedizin. *Diagnostik, Therapie und Prävention von musikerspezifischen Erkrankungen*. Stuttgart: Schattauer; 2011:271-290.
- Robert Koch-Institut (Hrsg) (2012) Daten und Fakten: Ergebnisse der Studie "Gesundheit in Deutschland aktuell 2010". Beiträge zur Gesundheitsberichterstattung des Bundes. RKI, Berlin.
- Schink, T., Kreutz, G., Busch, V., Pigeot, I., Ahrens, W. (2014). Incidence and relative risk of hearing disorders in professional musicians. *Occupational and Environmental Medicine*, 71 (7), 472–476.
- Spahn, C., Biehl, L. (2008). *Arztsein, Musizieren und Gesundheit* (Freiburger Beiträge zur Musikermedizin, Bd. 5, ). Bochum/Freiburg: Projekt-Verl. Verfügbar unter [http://deposit.d-nb.de/cgi-bin/dokserv?id=3087456&prov=M&dok\\_var=1&dok\\_ext=htm](http://deposit.d-nb.de/cgi-bin/dokserv?id=3087456&prov=M&dok_var=1&dok_ext=htm)
- Spahn, C., Möller, H. (2011). Epidemiologie von Musiker-Erkrankungen. In: Spahn C, Richter B, Altenmüller E, Herausgeber. MusikerMedizin. Diagnostik, Therapie und Prävention von musikerspezifischen Erkrankungen. Stuttgart, Schattauer, 2011:7-17.
- Spahn, C. (2015). *Musikergesundheit in der Praxis. Grundlagen, Prävention, Übungen* (1. Aufl). Leipzig: Henschel.
- Spahn, C. (2016). Musikergesundheit in der Praxis. Gesundheitsbewusstsein fördert die musikalische Performance. *Das Orchester - Magazin für Musiker und Management*, 64 (3), 1–128.
- Siebttes Buch Sozialgesetzbuch - Gesetzliche Unfallversicherung - (Artikel 1 des Gesetzes vom 7. August 1996, BGBl. I S. 1254.

Streppel, M. (2006). *Hörstörungen und Tinnitus* (Gesundheitsberichterstattung des Bundes, Bd. 29, ). Berlin: Robert Koch-Inst. Verfügbar unter <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0257-1002096>

Verein Deutscher Ingenieure. (1988). Beurteilung von Lärm hinsichtlich Gehörgefährdung. VDI.

Verordnung über Arbeitsstätten (Arbeitsstättenverordnung - ArbStättV). Zuletzt geändert durch Art. 282 V v. 31.8.2015 I 1474.

Zahnert, T. (Jun, 2011). The Differential Diagnosis of Hearing Loss. *Deutsches Ärzteblatt International*, 108 (25), S. 433–444.

Studien die ein erhöhtes/ geringes Risiko einer Entstehung einer Lärmschwerhörigkeit aussagen

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
	Studie	Autoren	Land	Instrumente	Anzahl der Befragten	Alter der Befragten	Orchesterform/typ	Exposition in h	Pegel-messung	aktive Spielzeit (in Jahren)	Messungs-zeitpunkt	eher für Hörschädigung	eher gegen Hörschädigung
1	1	Axelsson & Lindgren (1981)	Schweden	Horn, Trompete, Fagott, Streicher, Posaune	139		Symphonieorchester, Musiktheaterorchester, Ruhestand (19)	wöchentlich: 38,6 h (Proben) wöchentlich: 25h	83-92 dB			x	
2	2	Emmerich et al. (2007)	Deutschland	Violine, Posaune, Oboe, Bass, Cello, Kontrabass, Bratsche	109 (76 m.)	30-69 J./ 43,9 Schnitt	3 deutsche Orchester	wöchentlich: 29,2			24 h nach Exposition	x	
3	3	Flach et al. (1972)	Deutschland		506		277 Berufsmusiker, 144 Musikstudenten, 85 Schüler		bis zu 120 dB				x
4	4	Flach & Aschoff (1966)	Deutschland		277	>49 bis +50 J.	Symphonie- und Opernorchester		95-120 DIN -Phon 95-				x
5	5	Fleischer & Müller (2005)			187	21-70 J. / Schnitt: 44 J.							x
6	6	Jansen (2008)		Violine & Bratsche, Cello & Kontrabass, Oboe & Klarinette & Flöte & Fagott, Trompete & Horn, Harfe & Klavier	241 (128 m.)	23-64 J.	5 Symphonyorchester						x
7	7	Kähari et al. (2001) (Follow up 1983)	Schweden	Geige & Bratsche, Cello & Kontrabass, Holzbläser, Blechbläser, Schlagzeuger, Piano & Harfe (6 Gruppen)	140 (98 m.)	42 J. (m), 37 J. (w)	Symphonie- und Opernorchester				am freien Tag der Musiker		x
8	8	Kähari et al. (2001) (Axelsson 1981) Follow up	Schweden	Violine & Bratsche, Cello & Kontrabass, Oboe & Klarinette & Fagot & Flöte, Trompete & Posaune & Horn & Tuba, Klavier & Harfe (6 Gruppen)	56	23-64 J / 40 Schnitt	2 Orchester/Oper				am freien Tag der Musiker		x
9	9	Karlsson et al. (1983) (follow-up)	Schweden		417 (337 m.)	41 J. (m), 37 J. (w)	5 professionelle schwedische Orchester						x
10	10	Pawlaczyk-Luszczynska et al. (2013)	Polen	Violine, Bratsche, Cello, Posaune, Horn Oboe, Flöte, Trompete, Posaune, Kontrabass, Klarinette, ...	126 (68 m.)	24-67 J./ Schnitt:44 J.	2 Oper / 4 Symphony Orchester	wöchentlich: 30h				x	
11	11	Pawlaczyk-Luszczynska et al. (2011)	Polen	Violine, Horn, Trompete, Kontrabass, Flöte, Klarinette, Trompete, Tuba, Fagott,...	127 (74m.)	22-67 J / Schnitt: 44	1 Oper / 3 Symphonyorchester					x	
12	12	Rabinowitz et al. (1992)	Frankreich		110 (88m.)	>35-<50 J.	Symphonie- und Opernorchester					x	
13	14	Frei (1979/1981)	Deutschland		179	23-64 J.	Konzert- und Opernformation		91-94 dB	1-45 J.		x	
14	15	Schäcke et al. (1987)		Geiger, Bratschisten, Cellisten, Schlagzeuger	108 (100m.)	37 J. (w), 42 J. (m)	Opernhaus			2-43 J m/ Schnitt: 28 J., 1-34 J w /Schnitt: 22 J.	12 h nach Exposition	x	
15	16	Zeleny et al. (1975)			118	45	Militärblasorchester		94-114 dB + 99-120dB			x	
16	17	Richter et al. (2007)	Deutschland	Streicher, Holzbläser, Blechbläser, Zupfinstrumentalisten, Schlagzeuger	429 (263 m.)	42,13 J.	6 Opernorchester (Orchestergraben), 3 Konzertorchester (auf der Bühne)		82,9 - 92,8	durchsch. Anzahl im Orchester: 17,41 J.			
17	18	Arnold & Miskolczy (1960)			30 (10m.)	60-69 J. (m), 70-80 J. (w)	Pianisten, Musiklehrer	täglich: 4 h	70-90 dB				x
18	19	Berghoff (1968)		Trompete, Posaune, Schlagzeug	65		Big Band, Rundfunkorchester	täglich: 5h			15 min. nach Spielende	x	
19	20	Cudennec et al. (1990)		Schlagzeuger, Blasinstrumente	76		Militärkapelle					x	

Studien die ein erhöhtes/ geringes Risiko einer Entstehung einer Lärmschwerhörigkeit aussagen

Studie	Autoren	Land	Instrumente	Anzahl der Befragten	Alter der Befragten	Orchesterform/typ	Exposition in h	Pegel-messung	aktive Spielzeit (in Jahren)	Messungs-zeitpunkt	eher für Hörschädigung	eher gegen Hörschädigung
21	Eaton & Gillis (2002)	Vancouver		53 (31m.)		Vancouver Symphonieorchester						x
22	Gryczynska & Czyzewski (1977)			51	19-62 J.	Symphonieorchester		86-108 dB			x	
23	Hagberg et al. (2005)	Schweden	nur Fragebogen!!	407 (218 m.)	35 J (m.) 34 J (w.)						x	
24	Jatho & Hellmann (1972)			65	24-62 J.	Big Band, Rundfunkorchester	täglich: 4-7 h	bis 120 dB	11-41 J.	15 min. nach Spielende	x	
25	Johnson et al. (1986)			60 (42 m.)		Symphonieorchester	wöchentlich: 33 h		31,3 J. Berufsdauer	14 h nach Exposition		x
26	Kähäri et al. (2000)	Schweden	Violine & Bratsche, Cello & Kontrabass, Klarinette & Fagot & Flöte, Trompete & Posaune & Horn & Tuba, Harfe (6 Gruppen)	56 (43m.)	30 J.							x
27	Lee et al. (2005)	Canada	Violine, Bratsche, Cello, Kontrabass, Trompete, Posaune, Horn, Flöte, Klarinette, Oboe, Schlagzeug, Becken,	67		Oper	im Jahr: 300h					x
28	Obeling & Poulsen (1999)	Schweden	Bratscherinnen, Blechbläser, Schlagzeuger	57 (31m.)	22-65 J.	4 dänische Orchester						x
29	Ostri et al. (1989)			96 (80 m.)	44,5 J. (m), 40,5 J. (w)	Symphonieorchester	wöchentlich: 26h		24 J.	14 h nach Exposition	x	
30	Pawlaczyk-Luszczynska et al. (2011)	Polen	Violine, Bratsche, Cello, Posaune, Oboe, Flöte, Trompete, Posaune, Kontrabass, Klarinette, ...	57 (31m.)	24-67 J. /44 Schnitt	Oper/Symphonyorchester						x
31	Pree-Candido & Körpert (1999)			62 (46 m.)	40,6 J. (m), 33,9 J. (w)	Lehrer Musikschule, Profimusiker Orchester	wöchentlich: 36,5 (Orchestermusiker) + 5,2 h (Freizeit) + 9,2 (Proben)	bis 105 dB			x	
32	Royster et al. (1991)			59 (46 m.)	53,2 J. (m), 49,5 J. (w)	Symphonieorchester	wöchentlich: 15 h	79-99 dB, max. 124 dB			x	
33	Russo et al. (2012)	Canada	Violine, Bratsche, Cello, Holzblasinstrumente, Schlagzeug/Bass,	52	Angaben vom Fragebogen (n=44): 52 J. (m) 49 J (w)	Ballet	im Jahr: 360 h			16-18 h nach Exposition zu Musik		
34	Schink et al. (2004-2008)	Deutschland	besondere Studie!!!	2227	18-66 J.						x	
35	Schmidt et al. (1994)			79 (50 m.)	25 J.	79 Musikstudenten	wöchentlich: 7 h (Jugendlicher) wöchentlich: 18 h (Studium) + 10 h (Freizeit)					x
36	Siroky et al. (1976)		Holzbläser, Blechbläser, Streicher, Schlagzeuger	76	38	Symphonieorchester	täglich: 4h	87-98 dB			x	
37	Toppila et al. (2011)	Finnland		67 (38 m.)	34-50 J.	4 finnische Orchester						x
38	Wegner et al. (2000)			40 (26 m.)	44,3 J. (m), 35,7 J. (w)	Symphonie- und Opernorchester	wöchentlich: 30 h	83-94,1 dB				x
39	Westmore & Eversden (1981)			34		Opern- und Symphonieorchester	wöchentlich: 25	90-120dB			x	
40	Woolford et al. (1984)			38 (30m.)		3 Orchester	wöchentlich: 34 h (privates üben)				x	
41	Kob et al. (2011)			69		Musikstudierende (12), Tonmeisterstudierende (17), Orchestermusiker (11), Studierende anderer Fachrichtungen (12), Verwaltungsmitarbeiter (16)						

Studien, die für ein erhöhtes Risiko der Entstehung einer Lärmschwerhörigkeit sprechen

Anzahl	Studie	Lärmbelastung Ø Lärmpegel	Expositionszeit	Hörschädigung Audiometrie	Instrumente	Alter	Geschlecht
1	Axelsson & Lindgren (1981)	83 - 92 dB (A)	38,6 h wöchentlich inkl. Proben + unterrichten; 25 h wöchentlich im Orchester	<p>Definition des Hörverlustes = mehr als 20 dB Schwellenverschiebung auf einem Ohr und bei einer Frequenz</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- bei 80 Musikern Hörverlust</li> <li>- bei asymmetrischen Hörstörungen linkes Ohr ist schlechter als rechtes Ohr</li> <li>- bei 59 Musikern ergab sich ein schlechteres Gehör als für das Alter zu erwarten ist</li> <li>- bei Streichern Ø Hörverlust von mehr als 20 dB bei 6 kHz im li. Ohr</li> <li>- bei Holzbläsern Hörverlust auf beiden Ohren vor allem bei 6 &amp; 8 kHz</li> <li>- bei Blechbläsern größter Hörverlust (= die älteste Gruppe)</li> <li>- Schlagzeuger zeigten größten Unterschied zwischen li und re Ohr</li> <li>- Schlagzeuger hatten bestes Gehör, gefolgt von den Streichern, Holz- und Blechbläsern</li> <li>- Hörschwellenverschiebung bei Musikern nach Konzerten und Proben</li> </ul>	Streicher, Holzbläser, Blechbläser, Schlagzeuger (Einzelangaben: Horn, Trompete, Fagott, Posaune)	46,3 J m; 35,2 w	122 männlich; 17 weiblich
2	Emmerich et al. (2008)	93,9 dB (A) im Proberaum	29,2 h wöchentlich Proben	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Hörschwellenverschiebung bei allen Streichern</li> <li>- größerer Hörverlust im hohen Alter</li> <li>- Spieler der Violinen: Seitendifferenz von 11 dB (A) im linken Ohr bei 4 kHz</li> </ul>	Violine, Posaune, Oboe, Bass, Cello, Kontrabass, Bratsche	43,9 J (m+w)	76 (m); 33 (w)
3	Pawlaczyk-Luszczynska et al. (2011)	keine Angaben	31,2 h wöchentlich (Angaben beim Fragebogen); individuelles Musizieren wurde nicht mitberücksichtigt	<p>Hörschwellenverschiebung bei 2 % der Frauen und 3-4 % der Männer bei 1-3 kHz bei 45 dB</p> <p>Im Bereich 2-4 kHz &gt;35 dB steigt die Hörschwellenverschiebung bezogen auf Alter &amp; Geräusch an</p>	Horn, Trompete, Tuba, Schlagzeug, Fagott, Klarinette, Blechblasinstrumente	44 J (m+w)	74 (m); 49 (w)
4	Pawlaczyk-Luszczynska et al. (2013)	72 - 97 dB (A)	30 h wöchentlich	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 95,6 % weißt eine Hörschwelle im Bereich 0,5 - 4 kHz bei &lt;25 dB auf</li> <li>- 35,1 % weißt lärminduzierte Schwerhörigkeit bei 4-6 kHz auf</li> <li>- ältere Probanden zeigen höhere Hörverschlechterungen als die jüngeren Probanden</li> <li>- ältere und gering exponierte (Lex &lt; 84,3 dB) Personen zeigen eine signifikant höhere Hörschwelle bei 6 kHz</li> </ul>	Violine, Bratsche, Horn, Trompete, Kontrabass, Flöte, Cello, Oboe, Klarinette, Trompete, Tuba, Fagott, Posaune, Schlagzeug	43,5 J (m+w)	68 (m); 58 (w)
5	Rabinowitz et al. (1982)	keine Angaben	keine Angaben	52 Probanden hatten einen Hörverlust über 20 dB	keine Angaben	38 Probanden <35 J 47 Probanden zwischen 36J-50J 25 Probanden <50 J	88 (m); 22 (w)

Studien, die gegen das Risiko für die Entstehung einer Lärmschwerhörigkeit sprechen

Anzahl	Studie	Lärmbelastung Ø Lärmpegel	Expositionszeit (in h)	Hörschädigung (Audiometrie)	Instrumente	Alter	Geschlecht
1	Flach et al. (1972)	Spitzenintensitäten von bis 120 dB	keine Angaben	- 14 Musiker litten an Schalleitungsstörungen - 16% hat eine Innenohrschwerhörigkeit > als durchschnittl. Alterserwartung - bei 4% = Musik als Ursache	keine Angaben	keine Angaben	keine Angaben
2	Flach & Aschoff (1966)	95 - 120 DIN-Phon	keine Angaben	- Geiger: höhere Schallbelastung am li als am re Ohr - 8 von 111 Geiger weisen linksseitige C5-Senke & 1 Flötist von 14 zeigt rechtsseitige C5-Senke - 14,5 % der Streicher, 8,5 % der Holzbläser, 2,2% der Blechbläser zeigen gering-bis mittelgradige Schallempfindungsstörung - 44 Musiker weisen gering-bis mittelgradige Innenohrschäden auf	keine Angaben	<49 J und 75 Probanden >50 J (m+w)	keine Angaben
3	Fleischer & Müller (2005)	keine Angaben	keine Angaben	83,4 % weisen besseres Gehör als ISO 1999 auf	keine Angaben	44 J (m+w)	keine Angaben
4	Jansen et al. (2008)	keine Angaben	keine Angaben	- 92% weisen gesundes Gehör auf - Hörverlust bei: 14 Musiker der hohen Streicher, 8 Musiker der tiefen Streicher, 7 Musiker der Holzbläser - Im 10., 25., 50. und 75. Perzentil erreichen die meisten Musiker gleiche bzw. bessere Werte als ISO 7029 (2000) Population -->Ausnahme bei 6 kHz	hohe Streichinstrumente (Violine, Bratsche), tiefe Streicher (Cello, Kontrabass), Holzbläser (Oboe, Klarinette, Flöte, Fagott), Blechbläser (Trompete, Horn, Posaune), Schlagzeug und andere (Harfe, Klavier, Dirigent)	23 - 64 J (m+w)	128 m; 113 w
5	Kähäri et al. (1995a)	keine Angaben	keine Angaben	- 11 Musiker zeigen Werte außerhalb des Hochtonbereichs, bei 7 (von 11) ist dies im linken Ohr der Fall - mittlere Reintonhörschwelle zeigt bei Männern bei 6 kHz im linken Ohr eine Senke auf (ähnlich wie bei lärminduzierter Hörschaden) - Schlagzeuger + Holzbläser zeigen schlechteres Gehör - Schlagzeuger = schlechtestes Gehör; Musiker großer Streichinstrumente zeigen bestes Gehör	kleine Streicher (Geige, Bratsche), große Streicher (Cello, Kontrabass), Holzbläser, Blechbläser, Schlagzeuger und andere (Piano, Harfe).	42 J m; 37 J w	98 m; 42 w
6	Kähäri et al. (1995b)	keine Angaben	keine Angaben	- männliche Musiker zeigen einen Hörverlust in den oberen Frequenzen (meistens linkes Ohr betroffen) - Männer zeigen Hörverlust von 0,7 dB pro Jahr - Frauen zeigen Hörverlust von 0,4 dB pro Jahr - im Vergleich zur Norm zeigt sich kein negatives Voranschreiten der Hörschwellenkurve nach 16 Jahren - Frauen zeigen Senke bei 6 kHz	keine Angaben	50 J m; 46 J w	43 m; 13 w
7	Karlsson et al. (1983)	keine Angaben	keine Angaben	- bei Flötisten beidseitige Absenkung von 20 dB bei 6 kHz - bei Bassisten linksseitige Absenkung des Hörvermögens im Hochtonbereich - insgesamt Seitendifferenz beider Ohren von 5 dB bei 6 und 8 kHz (links schlechter)	keine Angaben	41 J m; 37 J w	337 m; 55 w

## **Eidesstaatliche Erklärung**

Hiermit versichere ich, Mandy Owusu, dass die vorliegende Bachelorarbeit selbstständig verfasst wurde und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt wurden.

Alle wörtlich oder sinngemäß entnommenen Aussagen anderer Schriften wurden unter Angabe der Quellen kenntlich gemacht. Dies gilt auch für beigefügte Abbildungen und Tabellen.

Hamburg, 21.12.2016

---

Mandy Owusu