

Hörschutz für Orchestermusiker durch die kombinierte Anwendung von Schallschirmen und Gehörschutz

Peter Sickert¹, Sandra Dantscher², Winfried Lachenmayr³

¹Lärm- und Gehörschutz-Consult Peter Sickert, 90451 Nürnberg, E-Mail: peter.sickert@lgc-ps.de

²Institut für Arbeitsschutz der der DGUV, 53757 Sankt Augustin, - E-Mail: sandra.dantscher@dguv.de

³Müller BBM, Helmut-A.-Müller-Straße 1-5, 82152 Planegg, - E-Mail: winfried.lachenmayr@mmbm.com

Einleitung

Die Auswahl von geeignetem Gehörschutz für Musiker ist schwierig und oft nicht erfolgreich. Allgemein werden für Musiker spezielle, auf dem Markt erhältliche Gehörschutz-Otoplastiken mit extrem flacher Dämmkurve empfohlen. Das sind Gehörschützer mit einer in bestimmten Frequenzbereichen sich nur wenig ändernden Schalldämmung. Insbesondere für Holzbläser und Blechbläser sind jedoch auch sie nicht einsetzbar, da bei ihrer Benutzung ein Okklusionseffekt entsteht, der den Musiker bestimmte eigene Geräusche verstärkt hören lässt.

Da Orchestermusiker ebenfalls von Hörschäden durch Schalleinwirkung betroffen sind, muss trotz diesen Erschwernissen auch für sie nach einem akzeptablen Schutzkonzept gesucht werden.

Im Beitrag wird untersucht, inwieweit individuelle Schallschirme geeignet sind, Gehörschutz zu ersetzen oder ob sie in Ergänzung zum Gehörschutz eingesetzt werden können.

Schallexposition von Musikern

Die durchschnittliche Schallexposition von Orchestermusikern ist von verschiedenen Einflussfaktoren abhängig. Dies sind z. B. das gespielte Instrument, die Anzahl der Aufführungen, der Proben und gegebenen Übungsstunden und die Musikdarbietung selbst. Für die gemessenen Lärmexpositionswerte sind auch die Größe, Architektur und die akustischen Eigenschaften des Konzertsaals und Proberaums von Bedeutung.

Entsprechend der vielen Einflussfaktoren werden unterschiedliche Expositionswerte ermittelt. So schwanken die Angaben für die Gesamtbelastung für Blechbläser zwischen $L_{EX,8h} = 86$ dB(A) [1] und 95 dB(A) [2]

Außerdem wurden Schwankungen in der Schallimmission gemessen, die auf eine geänderte Position der Musiker relativ zu anderen Instrumenten im Orchester zurückgehen. So schwankte der äquivalente Dauerschallpegel für die Musiker vor den Posaunen sitzend zwischen 99 dB(A) und 104 dB(A) und für Musiker vor den Pauken sitzend zwischen 96 dB(A) und 103 dB(A) [3]. Das bedeutet, dass für diese Musiker der Tages-Lärmexpositionswert durch die hinter ihnen spielenden Musikinstrumente wesentlich beeinflusst werden kann.

Man geht allgemein davon aus, dass der Tages-Lärmexpositionswert für Orchestermusiker über 85 dB(A) liegt. Typische Werte liegen bei $L_{EX,8h} = 85 - 89$ dB(A).

Aus den Expositionswerten und den Betrachtungen folgt die Notwendigkeit von Schallschutzmaßnahmen auch für Orchestermusiker.

Probleme der Gehörschutzbenutzung durch Musiker

In einer Präventionsleitlinie des DGUV Sachgebietes Gehörschutz werden die Kriterien für Gehörschützer genannt, die für Musiker geeignet sind [4]. Diese sogenannten „extrem flach dämmenden“ Gehörschützer sind dadurch gekennzeichnet, dass sie im Frequenzbereich von 125 Hz bis 4 kHz nahezu konstant dämmen. Als maximale Abweichung von dieser Konstanz wurde eine Steigung der Ausgleichsgeraden der Mittelwerte der Dämmung von maximal 2 dB/Oktave zugelassen.

Diese Anforderungen erfüllen Gehörschutz-Otoplastiken mit geeigneten Filtern wie ER-Filter (Etymotic Research) z.B. in Elacin „ER 15“® (Abbildung 1) oder DM-Filter (Dynamic Ear Company) z.B. in Dreve „DLO® Silikon DM-blau“. Aber auch diese Gehörschutz-Otoplastiken führen bei ihrer Benutzung zu Problemen für die Orchestermusiker. Die Otoplastik im Ohr verändert den Klangeindruck und die Lautstärkeempfindung.

Für Holzbläser, Blechbläser, Sänger und zum Teil auch hohe Streicher führt der Okklusionseffekt durch den Verschluss des Gehörganges neben dem veränderten Klangeindruck der Musik zusätzlich zu einer stärkeren Wahrnehmung von Eigengeräuschen (z.B. Kieferresonanzen) und zu einer erschwerten Überwachung des eigenen Instruments.

Dadurch sind auch Gehörschützer mit flacher Dämmkurve für einen Teil der Orchestermusiker keine Möglichkeit, ihr Gehör gegen Schalleinwirkung zu schützen.



Abbildung 1: Musiker-Gehörschutz Elacin ER 15®

Die Höhe der Schallpegelminderung von etwa 15 dB ist für Musiker oft gut geeignet, kann aber auch zu hochschalldämmend sein. Es gibt für diese Einsatzfälle zugelassene Gehörschutz-Otoplastiken mit noch geringerer Schalldämmung (Elacin ER 9).

Individuelle Schallschirme für Musiker

Für die Musiker, für die diese Gehörschützer als persönlicher Schallschutz nicht geeignet sind, wurde die Möglichkeit der Nutzung von persönlichen Schallschirmen untersucht [5]. Dabei sollte auf aktuell schon verwendete oder kommerziell vertriebene Schallschirme zurückgegriffen werden (Abbildung 2).



Abbildung 2: Querschnitt der untersuchten individuellen Schallschirme. Quellen: Müller-BBM (1,5,6), Goodear (2), Kolberg (3), PTB (4)

Die Schirme sind sehr unterschiedlich gestaltet. Von den Herstellern wurden die möglichen Einflussfaktoren mit unterschiedlicher Wertigkeit berücksichtigt. Diese sind:

- Einfluss der Größe der Schallschirme auf Pegelminderung,
- Material der Schallschirme (Reflexion, Absorption, Beugung),
- Geometrische Gestaltung der Schallschirme (ebene Fläche, gebogen, abgewinkelt),
- Körperanpassung in den Abmessungen.

Entsprechend sind die Schirme größer oder kleiner, abgewinkelt oder gebogen oder haben sogar eine Anpassung an die Kopfform.

Insbesondere mit durchgebogenen oder abgewinkelten Formen kann man die Wirksamkeit des Schallschattens vergrößern. Eine Reduzierung der äußeren Maße auf die Körperabmessungen fördert die Akzeptanz und ermöglicht den besseren Sichtkontakt zum Dirigenten, reduziert aber die Wirksamkeit (Abbildung 2, Schallschirm 1).

Die Optik wird auch verbessert, wenn man durchsichtiges Plastikmaterial verwendet (Schallschirm 4). Hier treten jedoch mehr Reflexionseffekte auf als beim Einsatz von gepolsterten Schallschirmen.

Zusätzlich müssen Einflüsse durch die Positionierung des Schallschirms (Abstand Kopf-Schirm, Position der benachbarten Spieler) und die Höhe der Sitzposition relativ zum dahinter spielenden Musiker berücksichtigt werden.

Objektive Bestimmung der Schutzwirkung von individuellen Schallschirmen

Zur objektiven Bestimmung der Schallschutzwirkung wurde die Abschirmwirkung in einem reflexionsarmen Halbraum (Semischallschluckraum) gemessen [5]. Dazu wurde ein omni-direktionaler Lautsprecher (Dodekaeder) als Haupt-Schallquelle und zusätzlich ein gerichteter Studiolausprecher verwendet. Als Schallempfänger wurden hinter dem Schirm drei ungerichtet empfangende Mikrofone in drei Abständen angebracht (10, 20 und 30 cm), siehe Abbildung 3.

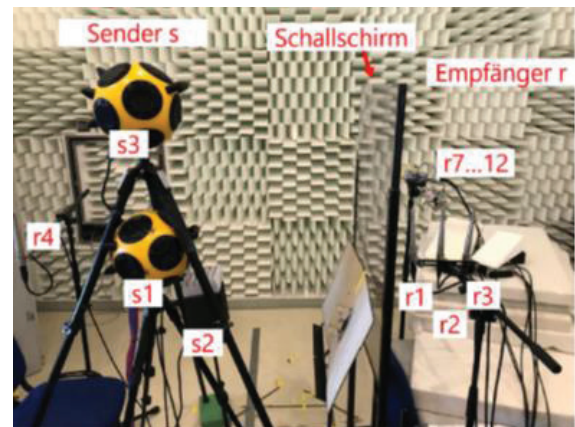


Abbildung 3: Versuchsaufbau objektive Bestimmung der Schirmwirkung im Labor (Quelle: Müller-BBM)

Ergänzend dazu wurden Vergleichsmessungen im Orchestergraben des Prinzregententheaters in München durchgeführt (Abbildung 4).



Abbildung 4: Versuchsaufbau Vergleichsmessungen im Orchestergraben (Quelle: Müller-BBM)

Die Ergebnisse belegen die Abhängigkeit der Schutzwirkung der Schallschirme von deren Größe und der Vergrößerung des Schallschattens durch geeignete geometrische Gestaltung. Die beste Schutzwirkung zeigte der Schallschirm der PTB (Abbildung 2, Schallschirm 5) mit einer Höhe von 1752 mm, der aber auf Grund seiner Größe kaum transportabel ist und seit Jahren nicht eingesetzt wird. Praktikabler ist der relativ große Schallschirm der Staatsoper München (Plexistellwand, Eigenbau aus transparentem Material) mit einer Breite von 541 mm und einer Höhe von 851 mm, die zumindest in Proberäumen gut angewendet werden kann und auch genutzt wird.

Wenn man von diesen beiden Modellen absieht, beschränkt sich die Schirmwirkung auf Frequenzen ab etwa 1000 Hz (Abbildung 5).

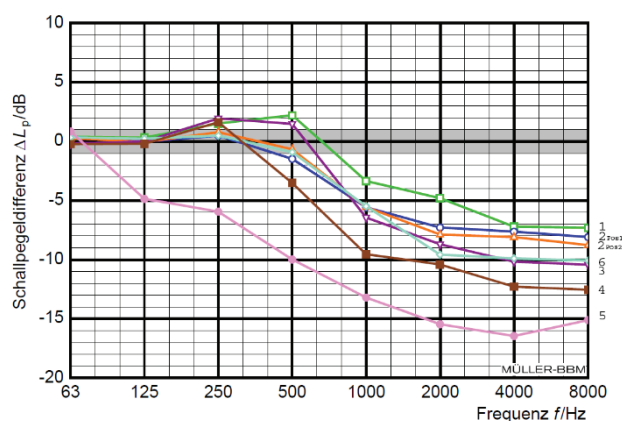


Abbildung 5: Ergebnisse der Labormessungen; Empfangsposition frontal 0° – Receiver 10 cm, 20 cm, 30 cm, Dodekaeder, omni-direktional

Als Pegeldifferenz, gemessen als energieäquivalenter Dauer-Schalldruckpegel, wurden Werte zwischen $\Delta L_{Aeq} = -4,0$ dB (Glas-Absorber, klein, Oberkante 141 cm, Abbildung 2, Schallschirm 1) und $\Delta L_{Aeq} = -17,8$ dB (PTB-Stellschirm/Absorber groß, Abbildung 2, Schallschirm 5) gemessen.

Mit den Modellen wurden Vergleichsmessungen im 2,2 m abgesenkten Orchestergraben des Prinzregententheaters in München (1000 Sitzplätze, Nachhallzeit = 1,6/1,9 s mit/ohne Publikum, mittlerer Frequenzbereich) durchgeführt.

Es zeigte sich, dass die Schirmwirkung bei Frequenzen kleiner 500 Hz nahezu identisch mit den Labormessungen war. Der große Plexischirm der Staatsoper München war ab 500 Hz wirksam und die kleinen Schirme ab etwa 1000 Hz. Die Pegelminderung oberhalb von 1000 Hz wurde zu etwa 3 – 5 dB geringer als im Labor ermittelt.

Subjektive Bestimmung der Schutzwirkung der Schallschirme nach DIN EN ISO 4869-1

Um einen Vergleich mit der Verwendung der für Musiker empfohlenen Gehörschützer zu haben, wurde in zwei Messserien [6] die Schutzwirkung von vier Schallschirmen nach der Methode der subjektiven Bestimmung der Schalldämmung in Anlehnung an das Baumusterprüfverfahren für Gehörschutz nach DIN EN ISO

4869-1 im IFA durchgeführt (Messungen an der Hörschwelle), siehe Abbildung 6.

Auch hier wurde bei tiefen Frequenzen keine wesentliche Schutzwirkung festgestellt. Die Pegelreduzierung begann bei den kleinen Schirmen ab 1000 Hz und beim großen Schallschirm der Staatsoper München bei 500 Hz. Bei 4000 Hz wurden Schalldämmwerte um 10 dB erreicht.



Abbildung 6: Bestimmung der Schirmwirkung eines Kolberg-Schallschirmes im Labor des IFA in Anlehnung an die Baumusterprüfung nach DIN EN ISO 4869-1

Im Unterschied zur Baumusterprüfung von Gehörschutz wurde bei diesen Versuchen der Schall als Direktschall von nur einem Lautsprecher hinter dem Schallschirm abgestrahlt.

Vergleich der Messergebnisse

Ein Vergleich der Messergebnisse der objektiven und subjektiven Messung zeigt ähnliche Ergebnisse. Sowohl mit der objektiven als auch mit der subjektiven Messmethode wurde festgestellt, dass Schallschirme im Frequenzbereich unter 1000 Hz kaum oder gar nicht wirksam sind.

Für die festgestellten Pegelminderungen ergaben sich Differenzen. Diese resultieren hauptsächlich daraus, dass für die subjektiven Daten nicht die Mittelwerte, sondern die APV-Werte (Mittelwert minus Standardabweichung) verwendet werden.

Tabelle 1: Subjektiv ermittelte Schalldämmung

Schirm	Schalldämmwerte nach DIN EN ISO 4869-2		
	H	M	L
Goodear (2)	6	2	0
Kolberg (3)	5	0	-2
Oper (4)	7	5	0
Hearwig (6)	5	4	2

Tabelle 2: Objektiv ermittelte Schalldämmung

Variante	Dämmwerte aus Pegeldifferenz		
	H	M	L
Goodear (2)	9	4	2
Kolberg (3)	9	3	0
Oper (4)	11	7	2
Hearwig (6)	13	7	3

Vergleicht man die Schutzwirkung mit der für Gehörschützer üblichen Schalldämmwerten im hoch-, mittel- und

tieffrequenten Bereich (HML-Werte) (Tabelle 1 und 2), so sieht man, dass für tieffrequenten Schall ein L-Wert von maximal 3 dB erreicht wird. Nur der eng am Kopf anliegende Hearwig kann im hochfrequenten Schallspektrum eine Wirksamkeit entfalten, die mit Gehörschutz-Otoplastiken wie ER 15 vergleichbar ist ($H = 13$ dB).

Akzeptanz und Wirksamkeit

Die notwendige Akzeptanz der Schallschirme ist weniger von der tatsächlichen Schutzwirkung abhängig. Akzeptanzfördernd sind:

- Sichtkontakt zum Dirigenten,
- Geringe Größe des Schirms,
- Wenig eingeschränktes Sichtfeld,
- Bequemer Transport des Schirms einschließlich Ständer (Größe, Masse),
- Guter optischer Eindruck auf der Bühne,
- Unveränderte Schallempfindung.

Von Einfluss auf die Wirksamkeit sind neben der Größe der Schirme (Überstand über Kopfgröße), der Abstand Kopfschallschirm, der Höhenunterschied in der Sitzposition zum dahinter spielenden Musiker, die Raumreflexionen und die Größe des Orchestergrabens. Bei hohem Reflexionsgrad wird neben dem Direktschall von hinten zusätzlich der diffuse Reflexionsschall als allen Richtungen stärker wirksam.

Fazit und Ausblick

Es ist festzustellen, dass:

- die Schalldämmung kleiner Schallschirme die Exposition ($L_{EX,8h}$) nur geringfügig reduziert,
- eine veränderte Sitzposition und speziell ein größerer Abstand vom Kopf zum Schirm durch Vorbeugen des Oberkörpers kleinere Schallschirme praktisch wirkungslos machen können,
- große Schirme die Exposition merklich reduzieren, aber schwer oder kaum zu transportieren sind und während des Konzerts stören,
- und die Auswirkung der geringen Dämmung bei tiefen Frequenzen im Fall der Orchestermusiker vertretbar sind, da das Hörschadensrisiko hauptsächlich von mittel- und hochfrequentem Schall bestimmt und die Störfmpfindung bei Schirmbenutzung in jeden Fall reduziert wird.

Als mögliche Lösung wird die Kombination von Schallschirmen mit niedrig dämmenden Gehörschützern für alle vor lauten Instrumenten sitzenden Musiker empfohlen, wobei auch eine zeitweilige Benutzung des Gehörschutzes nur in den lauten Phasen möglich ist. Das Verfahren bietet Schutz sowohl gegen Schall von hinten als auch gegen den Gesamtschall des Orchesters.

Literaturverzeichnis

- [1] Granemann, J.; Metkemeijer, R.; Boisson, A: Messwerte der Schallbelastungen - Niederländisches Ballettorchester (NBO); Internoise 2002.
- [2] <https://www.suva.ch/de-CH/material/Dokumentationen/verzeichnis-der-schallpegeltabellen>.
- [3] Lorenz-Kierakiewitz et al., Musikphysiologie und Musikermedizin 2011, 18. Jg. Nr. 3.
- [4] DGUV Sachgebiet Gehörschutz, Präventionsleitlinie Gehörschutz für Musiker September 2013, Hrsg.: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e.V. (DGUV), Berlin.
- [5] Müller-BBM Forschungsbericht M154590/01 "Vergleichende akustische Messungen marktüblicher Musiker-Schallschutzschirme und Bewertung", Februar 2021.
- [6] Wolf, A.: Der Hearwig als Gehörschutz für Musiker in der Praxis In: Fortschritte der Akustik - DAGA 2015: 41. Jahrestagung für Akustik, 16.-19. März 2015 in Nürnberg, Hrsg.: Deutsche Gesellschaft für Akustik e.V., Berlin 2015. S. 1358-1360.