

## Schallschutzschirme für Musiker – Untersuchungen zur Formgebung unter Berücksichtigung der Akzeptanz durch Musiker

Geske Linnéa Eberlei<sup>1</sup>, Ingolf Bork<sup>2</sup>, Matthias Blau<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Technical University of Denmark, Denmark

<sup>2</sup> Physikalisch- Technische Bundesanstalt Braunschweig, Deutschland

<sup>3</sup> Institut für Hörtechnik und Audiologie, Jade Hochschule Wilhelmshaven/ Oldenburg/ Elsfleth, Deutschland

### Hintergrund

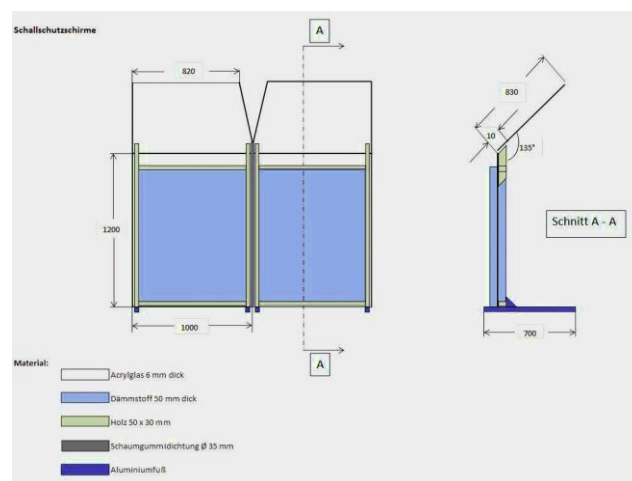
Orchestermusiker sind berufsbedingt hohen Pegeln ausgesetzt. Es werden mittlere Schallpegel zwischen 85 und 95 dB(A) in Symphonieorchestern erreicht. Dies führt zu einer Überschreitung des oberen Auslösewertes (LEX,8h=85 dB(A)), vorgeschrieben von der Lärm- und Vibrations- Arbeitsschutzverordnung (LärmVibrations ArbSchV)<sup>1</sup>. Die Physikalisch- Technische Bundesanstalt hat einen Schallschutzschirm entwickelt, der besonders vor den hohen Pegeln der Instrumente Posaune und Trompete schützen soll<sup>2</sup>. Während Orchester- erprobungen wurde bereits die akustische Wirksamkeit bestätigt. Kritikpunkte waren u.a. eine eingeschränkte Kommunikation sowie reduzierte Wahrnehmung der Musiker untereinander. Die alte Formgebung des PTB- Schall- schutzschirms umfasst eine Breite von 1.30 m und besteht aus einer Plexiglasscheibe mit einer 45°- Abwinklung bei 1.20 m. Der untere Schirmteil ist beidseitig mit Absorber material (Basotect) verkleidet<sup>2</sup>.

**ZIEL:** Eine Verbesserung des PTB- Schallschutzschirms durch eine veränderte Formgebung (Abb.1).

### Neue Formgebung

Der PTB- Schallschutzschirm ist speziell zum Schutz vor Trompete und Posaune entwickelt worden. Die Richtcharakteristik der beiden Instrumente bildet sich rotations-symmetrisch um die Trichterachse aus. Die Hauptintensität liegt in Richtung der Trichterachse. Gerade bei den gehörkritischen Frequenzen (2–5 kHz) weisen die Hauptabstrahlungsgebiete eine starke Bündelung auf<sup>3</sup>. Die Breite des neuen Schallschutzschirms wird auf 1 m verkleinert und der obere Schirmteil erhält eine Ansträgung, sodass beim Zusammenstellen der Schirme ein V-Ausschnitt entsteht. Die Konstruktionsskizze des neuen PTB- Schallschutzschirms ist der Abb.1 zu entnehmen. Der obere Schirmteil ist für die weiteren Untersuchungen nur auf einer Seite angeschrägt worden. Insgesamt wurden zwei neue Prototypen angefertigt. Vor Anfertigung der Prototypen wur-

den Finite- Element (FE) Berechnungen über COMSOL Multiphysics durchgeführt, um die Wirksamkeit der neuen Formgebung im Voraus abzuschätzen. Die Ergebnisse der Simulationen zeigten, dass die akustische Wirksamkeit durch den V-Ausschnitt nur unwesentlich beeinflusst werden würde.



**Abb.1:** Konstruktionsskizze für die neu entwickelte Schirmform. Frontansicht: Zwei aneinandergestellte Schallschutzschirme, Seitenansicht: Seitenprofil eines Schallschutzschirms

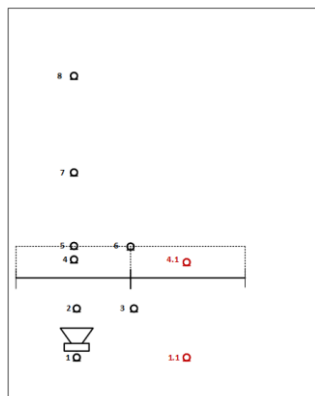
### Experimentelle Untersuchungen

Die neue Formgebung soll auf ihre akustische Wirksamkeit sowie die Sprachverständlichkeit untersucht werden. Um speziell die Auswirkungen des V-Ausschnitts zu untersuchen, wurden die Schirme bei Aufstellung zum V-Ausschnitt sowie bei geschlossener Aufstellung experimentell untersucht. Als Referenz wurde der alte Schirm gemessen und zudem eine Messung ohne Schirme durchgeführt. Für die Untersuchungen sind Impulsantworten über die Software WinMLS 2004 gemessen worden. Als Signal diente ein exponentieller Sweep mit rosa Rauschen mit der Dauer von 5 s. Die Impulsantwort wurde auf 1.5 s begrenzt. Aus den Daten der Impulsantworten wurde der Frequenzgang sowie die Sprachverständlichkeit errechnet. Die Messungen wurden in dem Studio der PTB durchgeführt, um so Ergebnisse in einer realen Anwendungsumgebung (Proberäume, Orchestergräben, etc.) zu erhalten.

**Messung der Wirksamkeit der Formen**

Es wurden Impulsantworten an zehn verschiedenen Mikrofonpositionen gemessen (Abb. 2). Für jede der Mikrofonpositionen ist dasselbe Mikrofon (Schoeps CMC 5 mit Kapsel MK2) verwendet worden, um so zusätzliche Kalibrierungen zu vermeiden. Um die gebündelte Hauptabstrahlcharakteristik der Trompete und Posaune simulieren zu können, wurde ein Lautsprecher (EMES white tv activ) gewählt, der dieser nahe kommt.

Die Impulsantworten sind nach der Messung mit einem Trompetensignal gefaltet und ausgewertet worden.



**Abb.2:** Anordnung der Mikrofone und des Lautsprechers (Position des Blechbläusers) zur Messung der akustischen Wirksamkeit der Schirme in zweifacher Aufstellung

**Messung der Sprachverständlichkeit**

Um Aussagen über eine bessere Sprachverständlichkeit machen zu können, die über den V-Ausschnitt erreicht werden sollte, sind

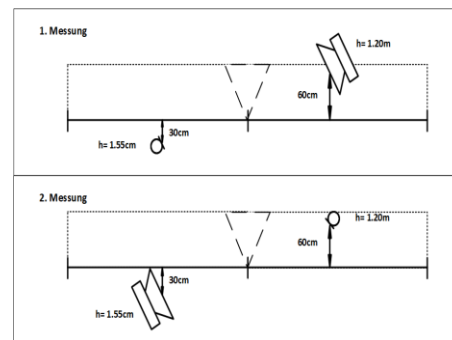
konkrete Mikrofonpositionen bei verschiedener Lautsprecherpositionierung

unter sucht worden. Es ist lediglich die diagonale Kommunikation über den V-Ausschnitt betrachtet worden (Abb. 3). Als Referenz diente die Messung der Sprachverständlichkeit der neuen Schirmform in geschlossener Aufstellung. Die Sprachverständlichkeit wurde aus den Impulsantworten berechnet. Als Maß für die Sprachverständlichkeit wurde die Deutlichkeit *D50* gewählt.

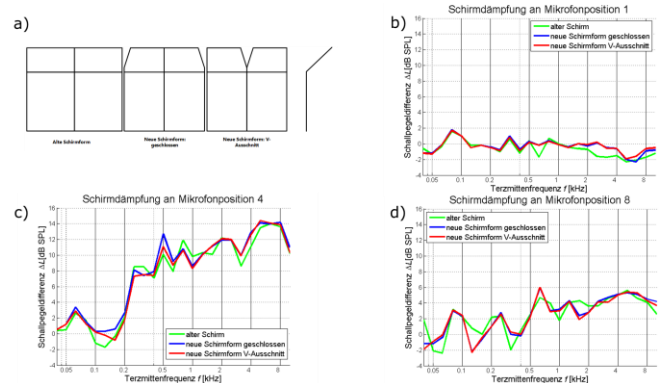
**Ergebnisse**

Um die akustische Wirksamkeit der verschiedenen Schirmkonstellationen untereinander zu vergleichen, wurde die Dämpfung ( $\Delta L = L_{\text{ohneSchirm}} - L_{\text{mitSchirm}}$ ) an den verschiedenen Mikrofonpositionen berechnet und für die drei Schirmkonstellationen dargestellt (siehe Abb. 4).

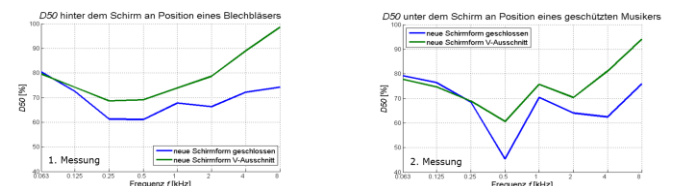
Die Ergebnisse der Deutlichkeit *D50* sind für die zwei verschiedenen Lautsprecherpositionierungen (siehe Abb. 3) in den nachfolgenden Graphen vorzufinden (Abb. 5).



**Abb.3:** Anordnung der Mikrofone für die Messung der Sprachverständlichkeit bei versch. Lautsprecherpos. der neuen Schirmformen in geschl. und Aufstellung zum V-Ausschnitt



**Abb. 4.:** Skizzierung der gemessenen Schirmkonstellationen (a). Die Graphen b), c) und d) zeigen die Dämpfung der drei unterschiedlich Schirmformen(a) dargestellt als Schalldämpfung  $\Delta L$  in dB SPL aufgetragen über die Terzmittenfrequenz *f* in kHz



**Abb. 5.:** Ergebnisse für die Deutlichkeit *D50* in % aufgetragen über die Frequenz *f* in kHz an der Position eines Blechbläusers hinter dem Schirm (a) sowie an der Position eines geschützten Musikers unter dem Schirm (b)).

**Zusammenfassung**

Die neue Formgebung des Schallschutzschirms ist als eine Empfehlung anzusehen. Bei beidseitiger Ansträgung des oberen Schirmteils wäre eine halbkreisförmige Anordnung möglich. Die neue Formgebung ist effektiver und flexibler. Die neue Form weist keine Verschlechterung gegenüber der alten Formgebung auf sowie eine verbesserte Sprachverständlichkeit konnte festgestellt werden.

**Literatur**

- <sup>1</sup>Verordnung zum Schutz der Beschäftigten vor Gefährdungen durch Lärm und Vibrationen (Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung-LärmVibrationsArbSchV), 2007.
- <sup>2</sup>Ingolf Bork. Untersuchung zur Schallreduzierung im Nahfeld hochpegeliger Schallquellen im Rahmen des Arbeitsschutzes. Ptb-vorhaben fv 17013, Physikalisch-Technische Bundesanstalt Braunschweig und Berlin, 2010.
- <sup>3</sup>Jürgen Meyer. Akustik und musikalische Aufführungspraxis. Erwin Bochinsky Verlag, 1995. S. 241 und S. 245