

# Schallpegel auf Orchesterpodien und Möglichkeiten der Schallpegelreduktion durch die Orchesteraufstellung

Klaus-H. Lorenz-Kierakiewitz, Margriet Lautenbach, Martijn Vercammen

## Einleitung: Lärmbelastung von Orchestern

Bekanntermaßen sind für viele Orchestermusiker die auf Konzertsaalpodien auftretenden Schallpegel belastend. 2003 trat die EU-Arbeitsschutzrichtlinie 2003/10/EG in Kraft, worin der zulässige Lärmexpositionsgrenzwert  $L_{ex,8h}$  für alle Arbeitnehmer am Arbeitsplatz festgelegt ist. Sie gilt ausdrücklich auch für Musiker. Nach der LärmVibrationsArbSchVO, der dt. Umsetzung, ist ein Expositionspegel  $< 80$  dB (A) einzuhalten, oberhalb werden Schutzmaßnahmen zur Expositionsminde rung notwendig. Über 85 dB(A) ist individueller Gehörschutz zu verwenden. Zur Schallpegelabsenkung für die Musiker existieren prinzipiell mehrere Maßnahmen. Die Lärmemission sollte dabei so weit wie möglich verringert werden, wobei technische Maßnahmen Vorrang vor organisatorischen haben. Technische Maßnahmen sind z. B. Abschirmungen zwischen den einzelnen Instrumentengruppen. Diese können die Schallpegel der am stärksten belasteten Musiker absenken, wenn diese Schirme eine gewisse Mindestgröße aufweisen (ca. 2m x 2 m) [1]. Eine Verwendung solcher Schallschirme ist möglich, wird jedoch aufgrund der Größe und Behinderungen des Zusammenspiels (Abschirmung in beiden Richtungen) nicht leicht akzeptiert. Zudem kann es beim Spieler selbst durch Reflexionen an herkömmlichen Schirmen lauter werden. Immer häufiger verwendet werden individuelle Gehörschütze, eine aus mehreren Gründen begrenzt brauchbare Maßnahme: z. B. können Einsätze in Bezug auf Timing, Charakter und Lautstärke beeinflusst werden. In diesem Kontext war hier das Ziel, zu untersuchen, ob durch Variationen der Orchesteraufstellung eine Absenkung der Schallpegel der am stärksten belasteten Musiker auf dem Podium möglich ist und wie sich dies auf die Balance im Saal und auf dem Podium auswirkt.

## Schallpegelmessungen in Orchestern

Messungen der Schallpegel des Niederländischen Ballettorchesters (NBO) in Orchestergräben ergaben [2], dass Musiker in Proben und Konzerten hohe äquivalente Schallpegel und Schallpegelbelastungen erfahren. Basierend auf den Messungen des NBO wurden Extrapolationen und Schallausbreitungsrechnungen unter Berücksichtigung der Richtcharakteristiken für andere Stimmgruppenabstände, Podien und anderes Repertoire durchgeführt. Demnach werden die o. g. Grenzwerte für die lautesten Instrumentengruppen bei Konzerten i. d. R. überschritten.

Messungen mit dem Radiofilharmonisch Orkest (RFO) Hilversum bei Akustikproben in Orchestergräben und auf Podien ergaben, dass die Musiker vor Pauken, Becken sowie vor und neben den Stürzen der Blechbläser in ff-Passagen kurzzeitig sehr hohe äquivalente Schallpegel von bis zu 120 dB(A) erfahren können (im Graben vor Posaune und Pauke, M. Mussorgsky: B. Godunow, Ende Akt 1).

## Messungen alternativer Orchesteraufstellungen

In der Tonhalle Düsseldorf wurden am 14.12.2009 während einer Akustikprobe der Düsseldorfer Symphoniker akustische Messungen auf dem Podium der Tonhalle Düsseldorf an sechs alternativen Varianten der Orchesteraufstellung und Hubpodienkonfiguration durchgeführt, um die Lautstärken auf dem Podium in Abhängigkeit von verschiedenen Orchesteraufstellungen zu bestimmen. Zur Erfassung der Lärmexposition wurden ortsfeste Messungen in Ohrnähe mit integrierenden Schallpegelmessern und Messmikrofonen der Klasse 1 durchgeführt. Während der Messungen wurden für die sechs Varianten der Orchesteraufstellung messtechnisch die auftretenden Schallpegel durch das eigene Spiel und das der anderen Musiker bei allen wesentlich belasteten Instrumentengruppen in Ohrnähe (vor Pauke, Posaune, Trompete, Piccolo, Kontrabässen, erste Publikumsreihe und vor Dirigent) durch mit den am stärksten belasteten Musikern den Ort ändernde Mikrophone erfasst. Dabei änderten sich mit den Aufstellungen auch die Abstände zwischen den lautesten Instrumenten und den am stärksten belasteten Musikern von  $< 0,3$  m auf bis zu 2 m. Für die Untersuchungen der Lautstärke und Balance wurden von Dirigent und Orchester die in Tabelle 2 aufgeführten Musikpassagen gewählt.

Von den sechs untersuchten Aufstellungsvarianten war die erste Variante („amerikanische“) die Standardaufstellung der Düsseldorfer Symphoniker. Bei Varianten 3 und 5 wurden mit unterschiedlichen Streicheraufstellungen Hörner und die anderen Blechbläser seitlich voneinander getrennt platziert und die Abstände vor ihnen von 0,3 auf ca. 2 m vergrößert, wobei die Mikrofone mit den Ohren der nächstgelegenen Musiker mitwanderten. Bei den Varianten 2 und 4 handelte es sich um geringfügig andere Hubpodienstaffelungen, bei Variante 6 wurden die Kontrabässe vor der Podienrückwand positioniert und die Pauken vor den Posaunen, s. Abb. 2.

### Messergebnisse

Dabei resultierten in Abhängigkeit von Musikpassage und Mikrofonposition (in Ohrnähe der Spieler, in Ohrhöhe) A-bewertete äquivalente Schallpegel über die jeweilige, jeweils das Motiv beinhaltende Messdauer bis über 104 dB(A) bzw. 110 dB(lin) in Variante 2 bei Passage A. In Tabelle 3 sind die Ergebnisse der gemessenen Aufstellungsvarianten dargestellt und zeigen signifikante Abnahmen der gemessenen Äquivalentschallpegel.

Auf einigen lauten Positionen ist insbesondere bei Variante 1 und 2 der Schallpegel bis zu 10 dB(A) stärker als vor dem Dirigentenplatz. Abbildung 3 zeigt die Situation für die Musiker vor der Trompete. Für die Spitzenpegel  $L_{C,peak}$  ist global eine vergleichbare Tendenz sichtbar.

### Balance

Die Balance im Saal und auf dem Podium wurde subjektiv während der Akustikprobe durch Musiker und Zuhörer (Peutz, GMD, Intendanz) und mit Hilfe von Tonaufnahmen beurteilt. Das Auseinandersetzen der Blechbläser erzeugte ein deutlich breiteres Klangbild und die Kontrabässe waren bei Variante sechs deutlicher, die Pauken weniger laut. Aus klanglichen Gründen wird Variante sechs weiter verfolgt.

### Schlussfolgerung

Die Belastung der am stärksten belasteten Musiker, welche vor den Instrumenten Pauken, Becken, Posaunen, Trompeten oder direkt neben der Stürze von Piccoloflöte und Hörnern sitzen, ändert sich demnach signifikant in Abhängigkeit von der gewählten Orchesteraufstellung um einige dB, da mit dieser die Abstände zu den lautesten Instrumenten stark variieren: die Schallpegel werden umso geringer, je größer der Abstand zu den Stürzen ist und je weniger direkt diese auf die Köpfe der

Bei Instrument	$L_{eq}$ [dB(A)], Messung über 1 Konzert	Jahrgemittelte Tagesexposition $L_{EX,8h}$ [dB(A)]	extrapoliert für Orchester auf Podium [dB(A)]
Blechbläser	88,3	86	88
Hörner	88,4	86	88
Schlagwerk	85,5	84	85

Tabelle 1: Beispiele für Schallpegelbelastung NBO [2]

Musikpassage	Satz	Dynamik	Dauer [min.]
Passage A	1. Satz: Takt 289ff.	ff	2:00
Passage B	III. Satz: Takt 192–282	f-p	3:30
Passage C	IV. Satz: Takt 320–350	pp-mf	1:30

Tabelle 2: P. Tschaikowsky, Manfred Op. 58, Musikpassagen

Aufstellungsvariante	1	2	3	4	5	6	Differenz Min-Max
Vor den Posaunen	104	104	100	100	97	99	7
Vor den Pauken	103	102	99	99	98	96	7
Vor den Trompeten	102	102	99	98	98	98	4
Vor den Hörnern	97	97	94	94	96	95	3
Neben Piccoloflöte	96	96	94	94	95	94	3
1 m vor Dirigent	93	93	93	93	92	92	1
Publikum Reihe 1	90	89	90	90	90	90	0

Tabelle 3: Messergebnisse  $L_{Aeq}$  [dB(A)], Passage A

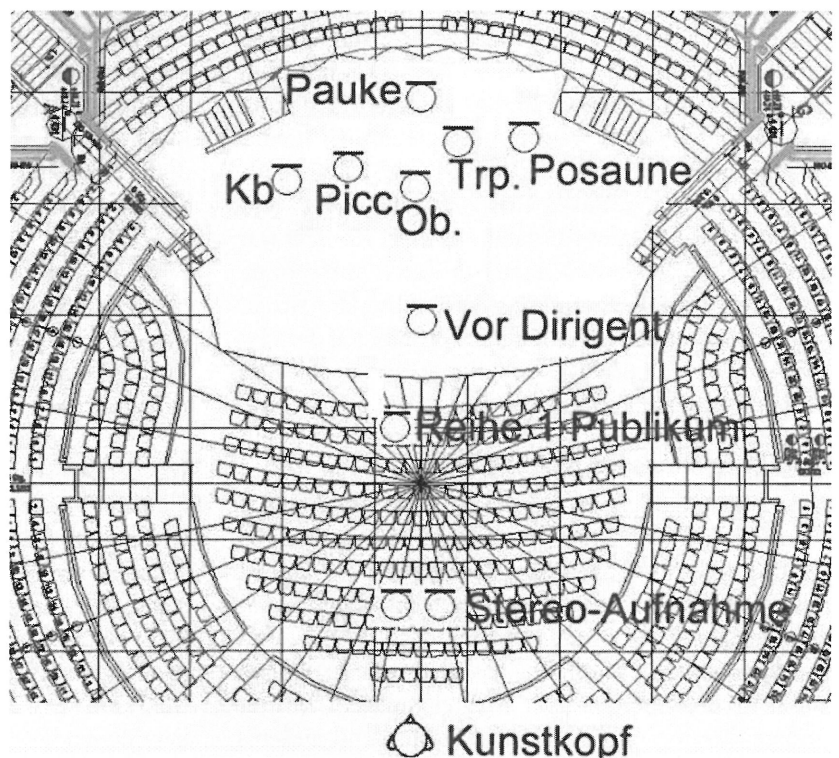


Abbildung 1: Messpositionen zur Schallpegelerfassung auf dem Podium der Tonhalle für Variante 1+2

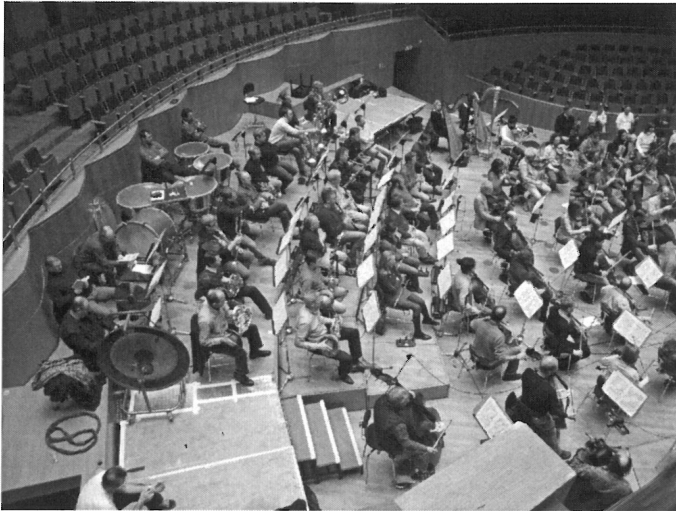


Abbildung 2a: Orchesteraufstellung 1 (Standard)



Abbildung 2b: Orchesteraufstellung 6 (Variante)

benachbarten Musiker gerichtet sind. Es gibt demnach Möglichkeiten, Orchesteraufstellungen zu modifizieren, so dass sowohl äquivalente Dauerschallpegel  $L_{A,eq}$  als auch Spitzenpegel  $L_{C,peak}$  der am stärksten belasteten Musiker deutlich abgesenkt werden können. Für eine signifikante Schallpegelsenkung der den lautesten Instrumenten nächstgelegenen Musiker um einige dB müssen die Abstände zu den Pauken, zum Becken, zu den Stürzen der Posaunen und Trompeten sowie der Piccoloflöte deutlich auf minimal 2 m Abstand vergrößert werden. Mit abnehmendem Direktschall kann jedoch auch der Kontakt zwischen den Instrumentengruppen etwas abnehmen. Hier einen optimalen Kompromiss zu finden, ist dabei die Kunst.

**Literatur**

- [1] Neumann, H.-D., et al.: Lärmschutz im Orchester, DAGA Fortschritte der Akustik, Berlin 2010.
- [2] Granneman, J.; Metkemeijer, R., Boisson, A.: Sound exposure of musicians in a pit orchestra, Internoise 2002

**Korrespondenz**

Dipl.-Phys. Klaus-Hendrik Lorenz-Kierakiewitz  
 Peutz Consult GmbH  
 Kolberger Str. 19, 40599 Düsseldorf  
 e-mail: khl@peutz.de

*Diese Arbeit erschien im Original in:*

*Fortschritte der Akustik – DAGA 2011*

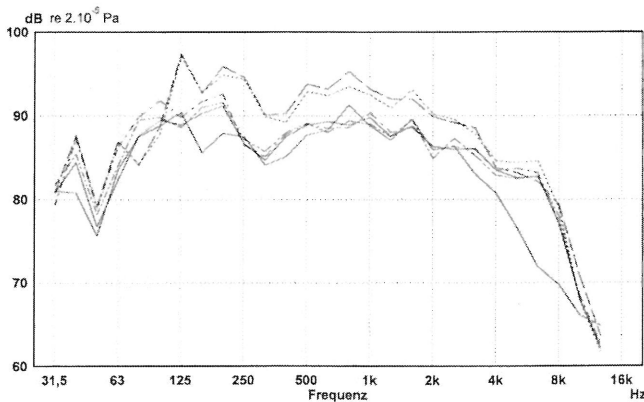
*37. Deutsche Jahrestagung für Akustik in*

*Düsseldorf*

*Deutsche Gesellschaft für Akustik e.V. (DEGA), 2011*

*ISBN: 978-3-939296-02-7*

NR	BESCHREIBUNG
V6-M2A	97,9 dB(A) 100,5 dB(LIN) TO 5012 14-12-09 Mikrofon 2 Variante 6 Passage A
V1-M3A	102,2 dB(A) 105,5 dB(LIN) TO 5012 14-12-09 Mikrofon 3 Variante 1 Passage A
V2-M3A	101,9 dB(A) 105,0 dB(LIN) TO 5012 14-12-09 Mikrofon 3 Variante 2 Passage A
V3-M3A	98,6 dB(A) 102,0 dB(LIN) TO 5012 14-12-09 Mikrofon 3 Variante 3 Passage A
V4-M3A	98,4 dB(A) 101,5 dB(LIN) TO 5012 14-12-09 Mikrofon 3 Variante 4 Passage A
V5-M3A	98,4 dB(A) 101,2 dB(LIN) TO 5012 14-12-09 Mikrofon 3 Variante 5 Passage A



Leq Werte entsprechend der Anlage:

—	89,2	93,5	91,6	92,0	94,2	92,4	85,7	74,6	dB
---	89,2	99,1	98,9	97,5	95,5	95,3	90,7	84,2	dB
----	89,1	99,8	98,3	96,6	97,2	95,0	90,7	85,7	dB
-----	91,7	95,0	94,1	93,2	93,9	92,0	89,3	84,3	dB
-----	90,8	94,7	93,7	93,2	93,5	92,5	88,5	84,1	dB
-----	89,0	94,4	93,2	93,4	93,6	92,0	89,1	83,9	dB

Abbildung 3: Messergebnis  $L_{A,eq}$  A vor Trompeten [dB(A)]

Wir danken für die Nachdruckgenehmigung