

# Objektive und subjektive Erforschung der Hörsamkeit europäischer Konzertsäle: Ergebnisse

Klaus-Hendrik Lorenz-Kierakiewitz<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Peutz Consult GmbH, 40599 Düsseldorf, Email: khl@peutz.de

## Einleitung

In der Geschichte der Konzertsäle haben sich immer wieder gewisse Säle den Ruf einer besonders guten Hörsamkeit erworben, wobei unter Hörsamkeit nach DIN 18041 die Eignung eines Raumes für bestimmte Schalldarbietungen verstanden wird. Ob es im Urteil aktueller Hörer eine einheitliche ideale Eignung eines Konzertsaals für bestimmte Musikdarbietungen gibt, sollte hier untersucht werden. Solche Fragestellungen können nur durch die Korrelation gemessenen akustischer Parameter mit subjektiven Präferenzurteilen beantwortet werden.

## Messungen

Im Rahmen einer Dissertation zum Thema „Sprachverständlichkeit und Hörsamkeit in europäischen Konzertsälen“ konnten 2000-2006 in 29 europäischen Konzertsälen vergleichende Messungen mit identischem Equipment und Einstellungen durchgeführt werden. In den Sälen wurden an äquivalenten Quell- und Mikrofonorten inklusive der Saalmitte mit einem Maximalfolgen-Messsystem binaurale Impulsantworten gemessen.

## Auswertung der Impulsantworten

Mit einem speziell geschriebenen Auswertungs-Programmskript wurden aus den gemessenen binauralen Impulsantworten die akustischen Parameter EDT,  $T_{30}$ ,  $T_{center}$ ,  $C_{80}$ ,  $D_{50}$  und  $AL_{cons}$  [1] (für  $Q=1$ ) berechnet.

**Tabelle 1:** Resultierende Parameter der binauralen Impulsantworten der Saalmitte (unbesetzt, linker Kanal, Oktavbänder 125-4000 Hz gemittelt), Auswahl der Säle

Stadt	Saal	$T_{30}$ /s	EDT /s	$C_{80}$ /dB	$D_{50}$ /%	$T_{center}$ /ms	$AL_{cons}$ /%
<b>London</b>	<b>R. Festival Hall</b>	<b>1,5</b>	<b>1,5</b>	<b>0,4</b>	<b>35</b>	<b>108</b>	<b>08</b>
Leipzig	Gewandhaus	2,1	2,1	-0,7	33	133	08
Düsseldorf	Neue Tonhalle	1,8	1,6	1,3	45	103	08
Basel	Stadtcasino	2,4	2,2	-1,9	23	163	11
Köln	WDR Sendesaal	1,7	1,8	-1,0	32	134	13
<b>Amsterdam</b>	<b>Concertgebouw</b>	<b>2,6</b>	<b>2,6</b>	<b>-3,6</b>	<b>19</b>	<b>196</b>	<b>14</b>
London	Albert Hall	2,5	1,9	-0,6	35	140	14
<b>Wien</b>	<b>Musikverein</b>	<b>2,9</b>	<b>2,9</b>	<b>-1,5</b>	<b>30</b>	<b>182</b>	<b>15</b>
Rotterdam	De Doelen	2,2	2,1	-6,2	06	191	17
Prag	Dvořák Hall	2,8	2,6	-4,6	20	206	18
Hilversum	Studio MCO5	2,4	2,3	-2,8	20	174	19
<b>Zürich</b>	<b>Tonhalle</b>	<b>3,0</b>	<b>3,0</b>	<b>-3,2</b>	<b>16</b>	<b>212</b>	<b>20</b>

## Auralisation der Impulsantworten

Eine subjektive Qualitätsbeurteilung der Säle geschah in der Folge durch die Methode der Paarvergleichs-Präferenz-Hörtests [2]. Es handelt sich dabei um Blindtests, da den Probanden keinerlei Informationen über die Säle und die zufällige Reihenfolge der Stimuluspaare vorliegen. Die (quellkorrigierten) binauralen Impulsantworten aus der

Saalmitte wurden dazu mit konstanten Musik-Stimuli gefaltet, hier Ausschnitte reflexionsfrei aufgenommener Musik (Dauer jeweils < 15 s.). Wird das Ergebnis über Kopfhörer abgehört, ergibt sich eine beinahe realistische Beurteilungsgrundlage. Resultate solcher Hörtests sind strenggenommen ausschließlich gültig für die jeweils gewählten Musikstücke, weshalb versucht wurde, nicht-charakteristische Stücke auszuwählen: zeitgenössische, hochromantische, alte, oder Vokalmusik schieden somit zunächst aus. Um für Konzertsäle als Raumtypus aussagekräftig zu sein, sollten die reflexionsarm aufgenommenen Musikstücke dem 'klassisch-romantischen' Repertoire angehören.

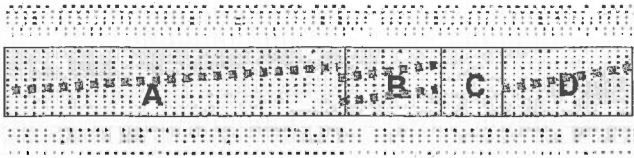
## Hörtests

In einem ersten Hörtest beurteilten Probanden eine Auswahl von vier der 29 Säle (in Tabelle 1 fett gedruckt) in 15 Vergleichspaaren zufälliger Reihenfolge (12 Unterschieds- und 3 Identitätspaare). Für diesen ersten Hörtest wurde ein Ausschnitt aus der Jupitersinfonie von W. A. Mozart verwendet, welche 1969 im reflexionsarmen Raum der BBC mit dem English Chamber Orchestra aufgenommen wurde [3]. Um die Ergebnisse mit anderen Musikstimuli nachzuprüfen, werden in einem zweiten Hörtest zwei andere Musikstimuli verwendet: ein Ausschnitt der Ouvertüre zu M. Glinkas Oper Ruslan und Ludmilla, eingespielt vom Osaka Philharmonic Orchestra in einem reflexionsarm ausgestatteten Auditorium [4] und eine eigens für Auralisationsexperimente erstellte Aufnahme von G. Bizets Carmen-Suite mit dem Aachener Studentenorchester im reflexionsarmen Raum des Instituts für Technische Akustik der RWTH Aachen [5]. In Test 2 werden den Probanden diese Musikstimuli gefaltet mit den binauralen Impulsantworten einer modifizierten Auswahl der 29 Säle in 23 Vergleichspaaren (20 Unterschieds- und 3 Identitätspaare) in zufälliger Reihenfolge präsentiert: zu den in Test 1 verwendeten Sälen tritt der in Tabelle 1 kursiv dargestellte Saal hinzu.

## Auswertung der Testergebnisse

Bislang führten 74 Probanden Test 1 durch, Test 2 innerhalb von 7 Tagen bereits 25 Testhörer. Die Schlüsselfrage ist, in welche Qualitätsreihenfolge(n) die Stimuli eingeordnet werden. Die Auswertung von Test 1 erfolgte, indem Probanden und Paare nach ähnlichen Antworten geordnet wurden. Es gelang so, die für Test 1 abgegebenen Präferenzurteile vier unterschiedlich großen Geschmacksgruppen ähnlich urteilender Probanden zuzuordnen, siehe Abb. 1. So wurde etwa in Gruppe A die Reihenfolge RFH > A'dam > Wien > Zürich bevorzugt, wohingegen Gruppe D diametral entgegengesetzt urteilt. Die größte Gruppe ähnlich antwortender Probanden A

umfasst 53%, die kleineren Gruppen B, C, D ca. 15%, 10% und 20% der Testhörer.



**Abbildung 1:** Sortierung der Urteile von 74 Probanden aus Test 1 in 4 Gruppen ähnlich urteilender Probanden.

## Analyse der Geschmacksgruppen

Die Präferenzlisten wurden statistisch ausgewertet, indem der Korrelationskoeffizient der Rankingpositionen mit den akustischen Parametern der Impulsantworten bestimmt wurde. Bei allen vier Geschmacksgruppen resultierten andere Korrelationen mit den betrachteten akustischen Parametern. In Gruppe A korreliert die Präferenzreihenfolge am besten mit fallendem  $AL_{cons}$ , in Gruppe D hingegen diametral entgegengesetzt mit steigendem  $AL_{cons}$ . In Gruppe C korreliert die Präferenzreihenfolge am besten mit steigenden Werten von  $D_{50}$ , wohingegen Gruppe B insgesamt weniger konsistent urteilt; hier korreliert die Präferenzreihenfolge am besten mit steigender BR, was hinweist auf einen bislang wenig erfassten Einfluss der Frequenzabhängigkeit der Nachhallzeit auf die Beurteilung.

**Tabelle 2:** Resultierende Korrelationen der Präferenzreihenfolgen der 4 verschiedenen Geschmacksgruppen mit den akustischen Parametern

Bevorzugte Reihenfolge	Stadt	Saal	$T_{center}$ /ms	$T_{30}$ /s	EDT /s	$AL_{Cons}$ /%
<b>Gruppe A</b>						
		<i>Korrelationsk.</i>	0,84	0,90	0,90	<b>0,97</b>
1	London	Festival Hall	108	1,5	1,5	08
2	A'dam	Concertgeb.	196	2,6	2,6	14
3	Wien	Musikverein	182	2,9	2,9	15
4	Zürich	Tonhalle	212	3	3,0	20
	Stadt	Saal	$C_{80}$ /dB	STI	$AL_{Cons}$ /%	BR (RT)
<b>Gruppe B</b>						
		<i>Korrelationsk.</i>	0,22	0,29	0,29	<b>-0,95</b>
1	A'dam	Concertgeb.	-3,6	0,41	14	1,1
2	Wien	Musikverein	-1,5	0,47	15	1,0
3	London	Festival Hall	0,4	0,51	08	1,0
4	Zürich	Tonhalle	-3,2	0,43	20	0,9
	Stadt	Saal	STI	$C_{80}$ /dB	$AL_{Cons}$ /%	$D_{50}$ /%
<b>Gruppe C</b>						
		<i>Korrelationsk.</i>	-0,75	-0,78	0,80	<b>-0,93</b>
1	Wien	Musikverein	0,47	-1,5	15	30
1	London	Festival Hall	0,51	0,4	08	35
2	A'dam	Concertgeb.	0,41	-3,6	14	19
3	Zürich	Tonhalle	0,43	-3,2	20	16
	Stadt	Saal	$T_{center}$ /ms	EDT /s	$T_{30}$ /s	$AL_{Cons}$ /%
<b>Gruppe D</b>						
		<i>Korrelationsk.</i>	-0,84	-0,90	-0,90	<b>-0,97</b>
1	Zürich	Tonhalle	212	3,0	3,0	20
2	Wien	Musikverein	182	2,9	2,9	15
3	A'dam	Concertgeb.	196	2,6	2,6	14
4	London	Festival Hall	108	1,5	1,5	08

## Zusammenfassung und Ergebnisse von Test 1

In Test 1 wurden vier der 29 Säle auf ihre Hörsamkeit für einen Musikausschnitt aus der Jupitersinfonie untersucht. Die in subjektiven Präferenz-Paarvergleichs-Hörtests gefundenen Urteilmuster sind nicht zufällig und weitgehend widerspruchsfrei; die Urteile der 74 bisherigen Testpersonen zeigen, dass kein allgemeines Ideal oder Optimum besteht. Unter den Bedingungen dieses Tests 1 zeigen die Probanden vier verschiedene Antwortmuster. Es existieren hierbei somit 4 verschiedene Geschmacksgruppen – und somit Zielgruppen. Die zwei größten Gruppen diametral entgegengesetzt und sind sehr hoch mit steigenden bzw. fallenden  $AL_{cons}$ -Werten korreliert.

## Fazit

Die Ergebnisse dieses Hörtests legen nahe, dass es eine einheitliche Beurteilung der optimalen Hörsamkeit nicht gibt – vielmehr scheinen mehrere unterschiedliche Hörergruppen (und somit Geschmacksrichtungen) zu existieren.

## Ausblick

Es wurde ein weiterer Hörtest konzipiert, in welchem andere nachhallfrei aufgenommene Musikstücke verwendet und ein weiterer Saal hinzugenommen wird. Die Auswertung von Test 2 mit anderen Musikstimuli wird die Ergebnisse entweder stützen – oder zeigen, wie musikabhängig die Ergebnisse sind. Die Erweiterung der Probandenbasis auf  $N \geq 100$  wird verdeutlichen, wie repräsentativ die bisherigen Ergebnisse sind. Weitere Tests mit größeren Extremen sollten zeigen, ob und welche Optimalwerte diese Tendenzen aufweisen.

## Danksagung

Besonderer Dank gilt Herrn Stefan Ostrowski und Frau Christine Kierakiewitz für ihre tatkräftige Hilfe bei den Messungen der Säle.

## Literatur

- [1] Peutz, V.M.A.: "Speech information and speech intelligibility", 85th AES Conv. Los Angeles 1988
- [2] Heike, G.: "Listener's judgements and acoustic properties of violins", Proceedings of the Institute of Acoustics, Vol. 19, Edinburgh, 1997
- [3] BBC: "Non-reverberant music for acoustic studies", BBC research department report 1969/17
- [4] Hidaka, T. et al.: "Recording of Anechoic Orchestral Music", Acustica, Vol. 67 (1988)
- [5] Witew, I. et. al.: "Auralization of orchestras in concert halls using numerous uncorrelated sources", Proceedings of Institute of acoustics, Vol. 28 pt. 2, Kopenhagen, 2006
- [6] Klaus-H. Lorenz-K.: "Objective and Subjective Evaluation of the Recording Acoustics of European Concert Halls: Results", Beitrag 24. Tonmeistertagung Leipzig 2006