

## BERICHT

29. April 2000

THS Music  
Birsfelden  
Schweiz

Erstellt durch:

Michael Chollet

## **1. Akustische Messungen**

### **1.1. Allgemein**

Akustische Messungen wurden durchgeführt, um Impulsantworten des Raums aufzunehmen. Diese charakteristischen Signale enthalten alle für die Raumakustik relevanten Informationen. Die Normen SIA 181, DIN 15996 und ISO 140 dienten als Grundlage für die getätigten Messungen und Berechnungen.

### **1.2. Technische Ausrüstung**

Die Messungen wurden mit der akustischen Mess-Software *SIA Smart Pro* durchgeführt, welche auf einem PC-kompatiblen Laptop Computer ausgeführt wurde. Das akustische Signal wurde mittels eines Messmikrofons *Earthworks TC 30* empfangen, welches mit einer 1/4" Mikrofonkapsel bestückt ist. Das Testsignal (breitbandiges "rosa Rauschen") erzeugte ein *Neutrik Minirator* Pink Noise Generator.

### **1.3. Vorgehen**

Messungen wurden an je drei verschiedenen Sender-Empfänger Positionen durchgeführt.

Das Testsignal wurde durch den Lautsprecher reproduziert und das computergestützte Messsystem speicherte mittels einer zweikanaligen FFT-Analyse (Fast-Fourier-Transformation) die durch dieses Signal angeregte Impulsantwort des Raums. Dieses aufgenommene Signal wurde im nachhinein frequenzselektiv analysiert und erlaubte so die Ermittlung der frequenzabhängigen Nachhallzeiten.

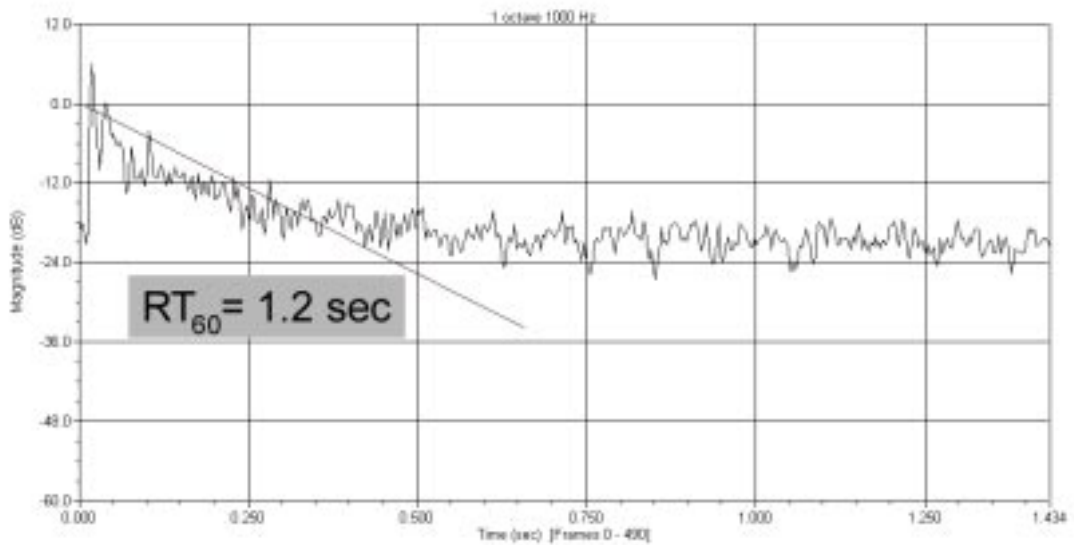
## **2. $RT_{60}$ Nachhallzeit - Messungen und Grafiken**

### **2.1. Allgemein**

Die  $RT_{60}$  Nachhallzeit ist eine allgemein übliche Grösse, um das Nachhallverhalten eines Raums zu charakterisieren. Sie beschreibt die Zeitdauer (in Sekunden), die nach Abschalten einer konstanten Schallquelle vergeht, bis der Schalldruck einen um 60 dB verminderten Wert erreicht. Diese Zeitdauer wird effektiv aus der Steigung einer Geraden entnommen, die den Abfall des Schalls approximiert. Die  $RT_{60}$  Zeit ist im Allgemeinen frequenzabhängig, d.h. sie variiert mit der Tonhöhe. Üblicherweise wird die  $RT_{60}$  Zeit in acht Oktavbändern zwischen 63 Hz und 8 kHz ermittelt. Um den für diesen komplexen Fall benötigte höhere Präzision zu erreichen, wurden die Nachhallzeiten für den vorliegenden Raum in 25 Dritteloktavbändern zwischen 63 Hz und 16 kHz ermittelt, womit eine sehr hohe Datenauflösung gewährleistet ist.

## 2.2. Gemessene $RT_{60}$ Zerfallszeiten in den Dritteloktavnbandern

Als Beispiel einer  $RT_{60}$  Approximation ist unten die Schalldruck-Zerfallskurve bei  $f=1$  kHz gezeigt.



Die an den je 3 Positionen und in allen 25 Dritteloktavnbandern auf diese Weise ermittelten  $RT_{60}$  Zeiten sind in den Tabellen auf den folgenden Seiten aufgeführt.

THS Music, Birsfelden, Raum A  
RT 60 Nachhallzeiten, 1/3 Oktavband

Hz	A1	A2	A3	Durchschnitt
40	0.5	0.4	0.4	0.43
50	0.4	0.4	0.4	0.40
63	0.4	0.4	0.3	0.37
80	0.6	0.3	0.3	0.40
100	0.4	0.4	0.3	0.37
125	0.5	0.4	0.4	0.43
160	0.4	0.5	0.5	0.47
200	0.5	0.4	0.3	0.40
250	0.4	0.4	0.4	0.40
315	0.2	0.4	0.3	0.30
400	0.4	0.3	0.3	0.33
500	0.3	0.2	0.2	0.23
630	0.3	0.4	0.2	0.30
800	0.2	0.3	0.3	0.27
1000	0.4	0.3	0.2	0.30
1250	0.3	0.3	0.2	0.27
1600	0.3	0.3	0.2	0.27
2000	0.3	0.3	0.3	0.30
2500	0.3	0.3	0.3	0.30
3150	0.3	0.3	0.3	0.30
4000	0.3	0.3	0.3	0.30
5000	0.2	0.3	0.2	0.23
6300	0.2	0.2	0.3	0.23
8000	0.2	0.2	0.2	0.20
10000	0.2	0.2	0.3	0.23
12500	0.2	0.2	0.3	0.23
16000	0.2	0.2	0.2	0.20
20000	0.1	0.1	0.2	0.13

**Tab. 1:** RT 60 Zeiten Raum A

THS Music, Birsfelden, Raum B  
RT 60 Nachhallzeiten, 1/3 Oktavband

Hz	B1	B2	Durchschnitt
40	0.4	0.7	0.55
50	0.3	0.5	0.40
63	0.3	0.6	0.45
80	0.3	0.6	0.45
100	0.3	0.7	0.50
125	0.3	0.8	0.55
160	0.4	0.4	0.40
200	0.3	0.3	0.30
250	0.3	0.2	0.25
315	0.3	0.2	0.25
400	0.3	0.1	0.20
500	0.2	0.2	0.20
630	0.2	0.1	0.15
800	0.2	0.2	0.20
1000	0.2	0.1	0.15
1250	0.2	0.1	0.15
1600	0.2	0.2	0.20
2000	0.2	0.2	0.20
2500	0.2	0.2	0.20
3150	0.2	0.2	0.20
4000	0.2	0.2	0.20
5000	0.2	0.2	0.20
6300	0.3	0.2	0.25
8000	0.2	0.2	0.20
10000	0.2	0.2	0.20
12500	0.2	0.2	0.20
16000	0.2	0.1	0.15
20000	0.1	0.1	0.10

**Tab. 2:** RT 60 Zeiten Raum B

### 2.3. Optimale $RT_{60}$ Zerfallszeiten

Die Daten zu den  $RT_{60}$  Nachhallzeiten werden erst sinnvoll, wenn man sie in den Zusammenhang mit den überhaupt gewünschten, idealen Werten für die Nachhallzeiten setzt. Zu diesem Zweck wurden in der folgenden Grafik die untere und obere gewünschte Grenze (lower limit, upper limit) für die Daten eingetragen, die aufgrund von Daten aus der Fachliteratur<sup>1,2,3,4</sup> sowie der angegebenen Formel gewonnen wurden.

hier:

---

<sup>1</sup> *The Master Handbook of Acoustics*, F. Alton Everest, TAB/McGraw-Hill 1994

<sup>2</sup> *Handbook for Sound Engineers*, Glen M. Ballou, SAMS 1991

<sup>3</sup> *Sound Engineer's Pocket Book*, Michael Talbot-Smith, Focal Press 1995

<sup>4</sup> *Acoustics in the Built Environment*, Duncan Templeton, Reed Elsevier 1997

THS Music  
Control Room - "A" Room  
Birsfelden, Switzerland

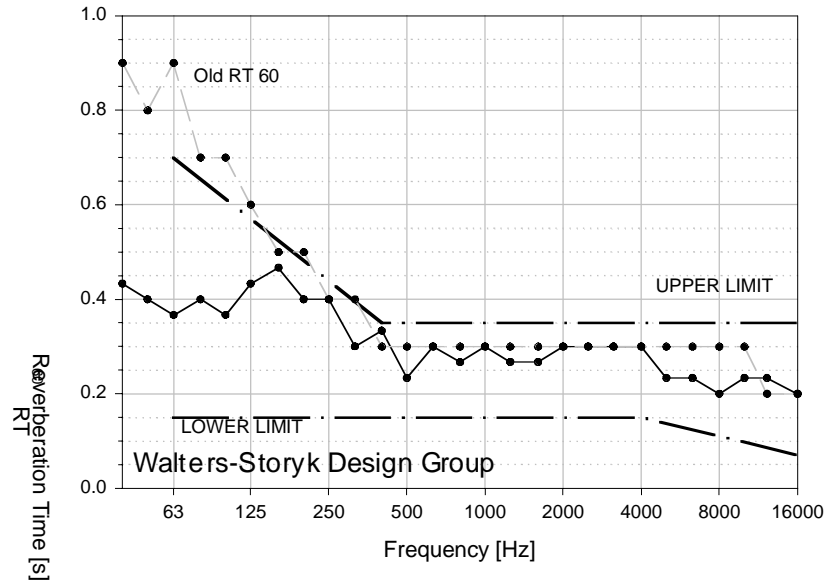


Fig. 1: RT 60 Zeiten, Raum A

THS Music  
Recording Room - "B" Room  
Birsfelden, Switzerland

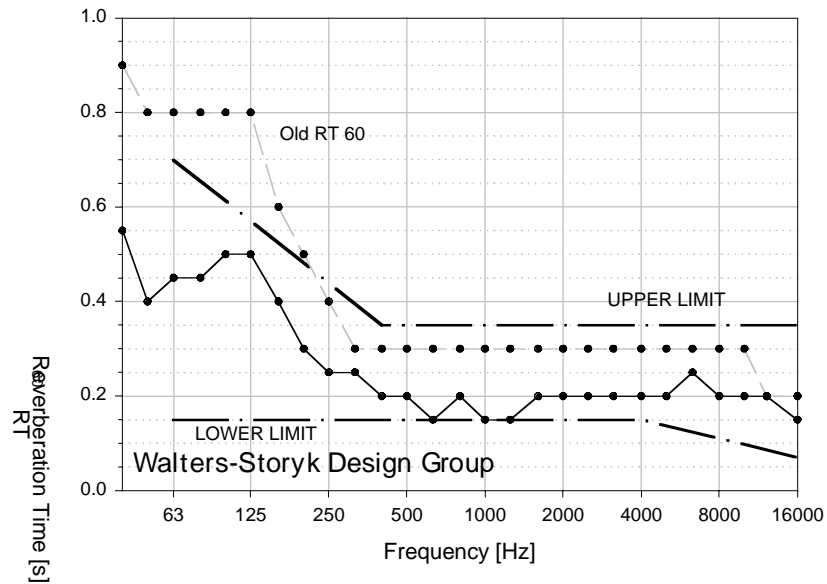


Fig. 2: RT 60 Zeiten Raum B

## 2.4. Kommentar zu den Nachhallzeit-Messungen

Der sehr problematische Bereich unter ca. 200Hz ist nach dem Einbau der Akustikmassnahmen deutlich besser unter Kontrolle. Die nun ausgewogenen Nachhallzeiten sind innerhalb der vorgeschlagenen Grenzen. Die getroffenen Massnahmen erzielen ihre volle Wirkung unterhalb 100 Hz. Dort findet eine Reduktion der RT 60 Zeiten um über 40% statt. Sowohl der Tief-, wie auch der Mitteltonbereich ist dank der getroffenen Massnahmen innerhalb der Limiten.

Für den B Raum konnten die Nachhallzeiten in den tiefen Frequenzen ebenfalls deutlich gesenkt werden. Sie liegen ebenfalls durchgehend in den Grenzen. Somit erfüllen beide Räume die gesteckten Ziele.

## 3. Frequenzgang

### 3.1. Allgemeines

Der Frequenzgang der Lautsprecher wurde an der Hörposition ermittelt. Alle Gegenstände, die sich normalerweise in der Nähe befinden (Mischpult, Effektrack usw.) werden in die Messung miteinbezogen. Es handelt sich nicht um eine anechoische Messung des Lautsprecherfrequenzgangs, sondern um eine Messung, die die Raumeinflüsse mit berücksichtigt. Das ist besonders bei der Bewertung der Linearität zu berücksichtigen.

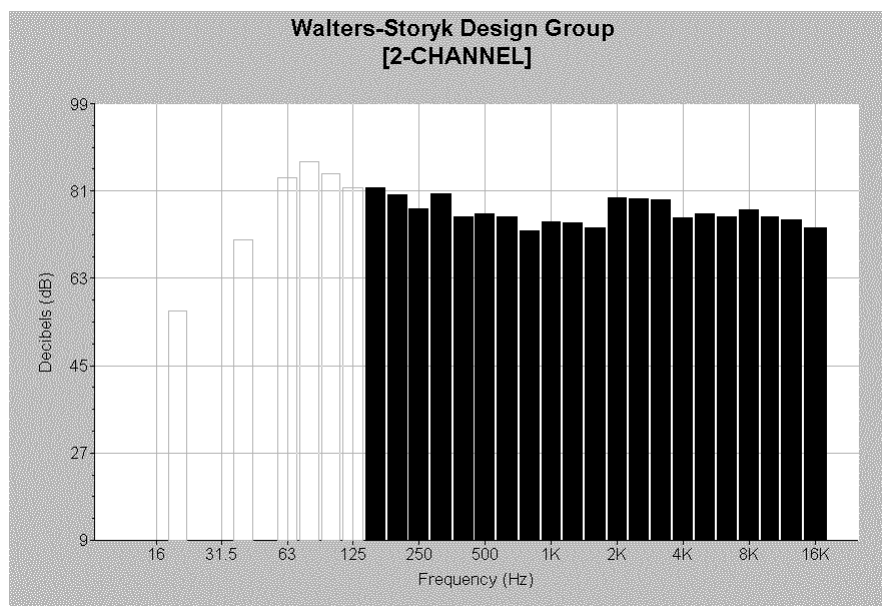
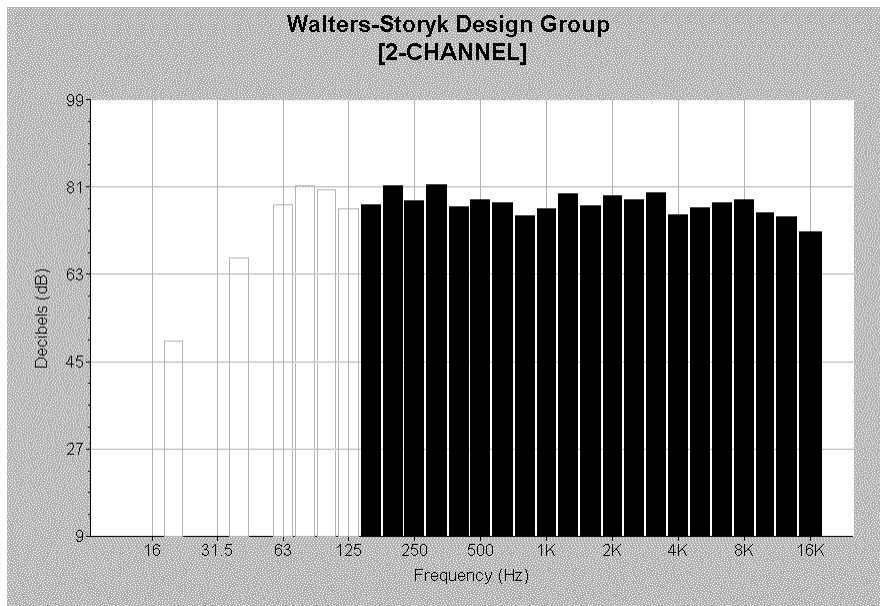


Fig. 3: Frequenzgang am Hörplatz, ohne Equaliser

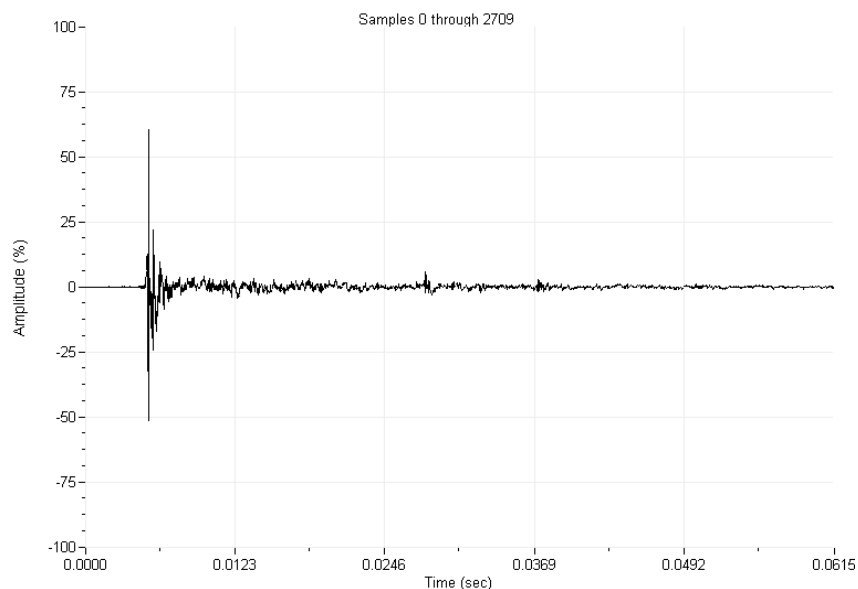




**Fig. 4:** Frequenzgang am Hörplatz, mit Equaliser

### 3.2. Beurteilung des Frequenzgangs

Der resultierende Frequenzgang mit Equaliser kann ohne weiteres als sehr gut bezeichnet werden. Im Bereich zwischen 63 Hz bis 12 kHz liegt er innerhalb  $\pm 3$  dB. Eine genaue Analyse der Impulsantwort zeigt ein gutmütiges Verhalten, nicht zuletzt dank der oberen Reflektoren, die eine direkte Deckenreflexion zum Hörplatz verhindern.



**Fig. 5:** Impulsantwort Hörplatz Regieraum A

#### **4. Zusammenfassung und Fazit**

Die akustischen Massnahmen haben in den beiden Problembereichen deutliche Verbesserungen herbeigefuehrt:

- (A) RT60 Nachhallzeit Verhalten
- (B) Zeitliches Verhalten (Reflexionskontrolle)

Wir sind mit den Ergebnissen zufrieden, danken Dir herzlich fuer die angenehme Zusammenarbeit und wuenschen Dir ein gutes, erfolgreiches Weiterarbeiten mit Deinem Studio.

Mit freundlichen Gruessen,

Gepruengt durch:



Michael Chollet



Dirk Noy