

# **Weiterbildung bei und mit Peutz**

- auch während der Corona-Pandemie -

Möglichkeiten der Qualifizierung

Themenschwerpunkt Raumakustik

**Düsseldorf – Oktober 2021**

# Themenschwerpunkt Raumakustik

## Fachliche Betreuung von Abschlussarbeiten

In regelmäßigen Abständen finden bei Bedarf pandemiekonforme Abstimmungen statt, in denen der Ablauf, die Durchführung und der Fortschritt des Forschungsvorhabens gemeinsam durchgesprochen werden.

Dabei werden methodische Fragen zum Vorhaben beantwortet, zu Themen, Vorgehensweise, Problemen und Bedenken beraten sowie Hinweise zum Schreibprozess und der wissenschaftlichen Darstellung gegeben.

Messequipment wird zur Verfügung gestellt und die Messungen begleitet.

Die Entstehung der schriftlichen Arbeit wird im Detail begleitet und die Arbeiten vor Abgabe auf Wunsch gegengelesen.

Auch bei der Vorbereitung auf die Vorstellung des Themas im Kolloquium bzw. die Verteidigung der Abschlussarbeit wird Unterstützung gewährt, z.B. in Form von Probevorträgen und Simulation einer Prüfungssituation.



Ansprechpartner:

Dipl.-Phys.

Klaus-H. Lorenz-Kierakiewitz

[khl@peutz.de](mailto:khl@peutz.de)

0211 – 999 58 26 83

# Masterarbeit: Raumakustische Simulation Maria im Frieden



## **Vergleich zwischen messtechnisch erfassten und simulierten raumakustischen Parameterwerten einer geometrisch komplexen Kirche als nicht-parallelepipedischer unregelmäßiger Vieleckraum**

Publiziert an der Bauhaus Universität Weimar.

Betreut von: Prof. Dr.-Ing. Conrad Völker, Bauhaus Universität Weimar

Dipl.-Ing. Jörg Arnold, Bauhaus Universität Weimar

Dipl.-Phys. Klaus-Hendrik Lorenz-Kierakiewitz, Peutz Consult GmbH

In der heutigen Zeit werden zur Beurteilung von Räumen vor allem aus wirtschaftlichen und praktischen Gründen Ergebnisse auf Basis von Untersuchungen in raumakustischen Computersimulationen herangezogen. Voraussetzung für die Genauigkeit und Vorhersagekraft solcher softwarebasierten Untersuchungen ist jedoch, dass deren Performance für eine Vielzahl an Gebäuden bzw. Geometrien und Anwendungsmöglichkeiten evaluiert und damit ihre Praxistauglichkeit bzw. ihre Anwendbarkeit unter Beweis gestellt wird.

Der Schwerpunkt der Masterarbeit liegt auf einem pfadbezogenen Vergleich zw. den Impulsantwortstrukturen und Werten raumakustischer Parameter aus Messungen nach DIN EN ISO 3382-1 und den Ergebnissen digitaler Simulationen im Computermodell anhand der Wallfahrtskirche Maria, Königin des Friedens in Velbert-Nevigles.



Dustin Sefczyk

[dse@peutz.de](mailto:dse@peutz.de)

0211 – 999 58 26 64

# Masterarbeit: Raumakustische Simulation Maria im Frieden

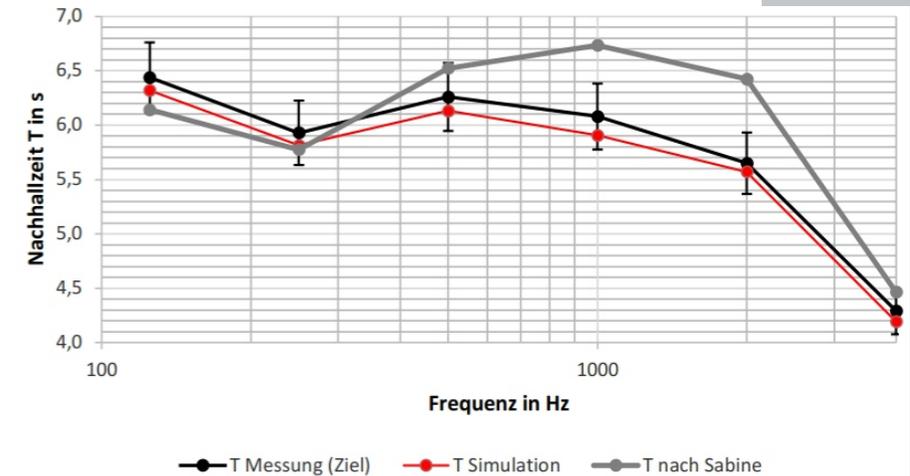
Es ist anhand der durchgeführten Untersuchung bei polyedrischen Geometrien davon auszugehen, dass die Voraussetzungen für eine Vorhersage für die üblichen raumakustischen Parameter (mit Ausnahme der frühen Abklingzeit EDT) in mittleren und hohen Frequenzbändern gegeben sind.

- Wenn die Möglichkeit einer Kalibrierung des Simulationsmodells durch Daten von raumakustischen Messungen besteht
- Setzt eine der Problemstellung und den realen Verhältnissen angepasste Wahl der Streugrade sowie eine angemessen detaillierte Modellierung voraus

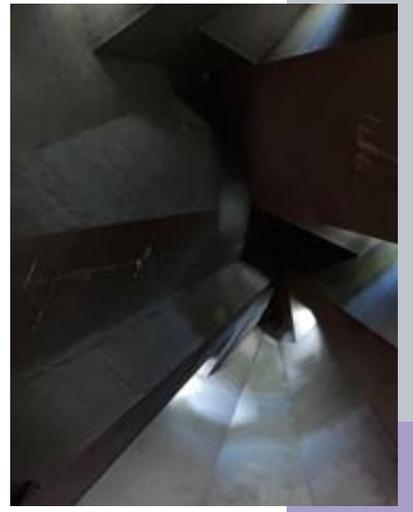
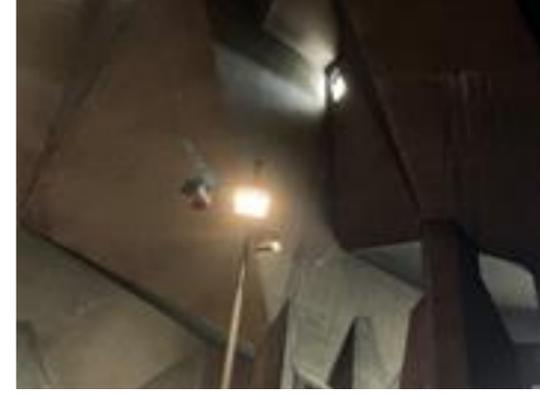
Im Hinblick auf die Fragestellung, ob konventionelle Methoden zur Bestimmung von raumakustischen Kenngrößen durch digitale Simulationen abgelöst werden können, konnte innerhalb der Masterarbeit keine abschließende Aussage getroffen werden.

Da die Positionen von Absorptionsmaterialien in die Simulationsergebnisse einfließen, besteht ein deutlicher Mehrwert einer solchen Simulation gegenüber rein statistischen Berechnungsverfahren

- Dieser Mehrwert bedeutet jedoch einen deutlichen Mehraufwand gegenüber diesen



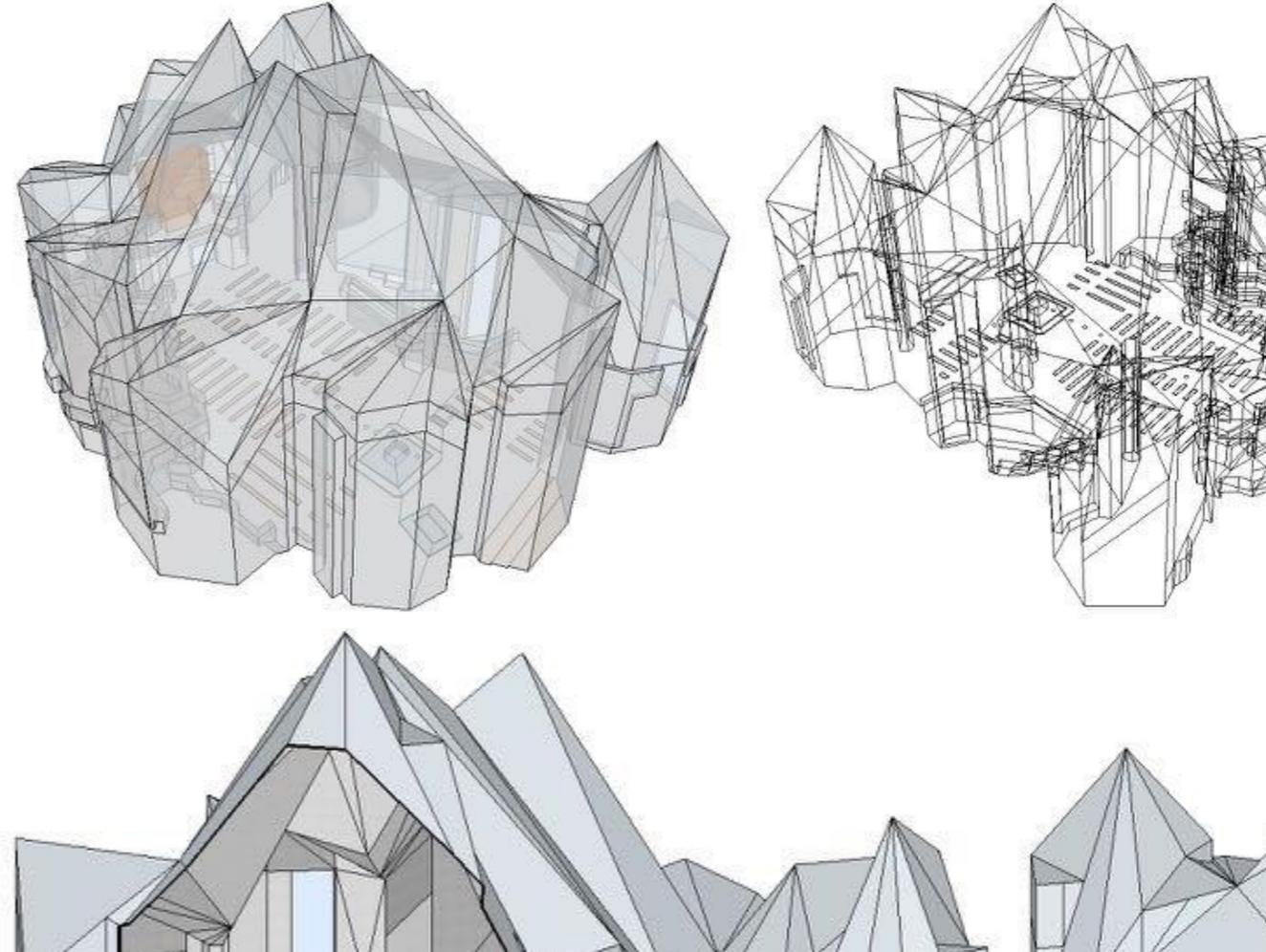
Nachhallzeit T der Messung, der digitalen Simulation sowie der Diffusfeldberechnung nach Sabine für den unbesetzten Zustand



# Masterarbeit: Raumakustische Simulation Maria im Frieden

Variante	Raumakustische Parameter					
	EDT in s	C <sub>50</sub> in dB	C <sub>80</sub> in dB	T <sub>s</sub> in ms	STI	AL <sub>loc,abs</sub> in %
Messung an Quellposition A1	3,2	-6,8	-5,3	330	0,36	23,5
Messung an Quellposition A2	3,5	-6,2	-5,1	333	0,41	21,0
V1a.1	6,2	-6,7	-5,0	332	0,38	23,0
V1a.2	6,2	-6,2	-4,7	325	0,39	20,7
V1b.1	5,7	-6,7	-5,2	329	0,38	23,3
V1b.2	5,7	-6,1	-4,8	320	0,39	21,2
V2a.1	5,7	-7,2	-5,6	317	0,38	21,5
V2a.2	5,7	-6,9	-5,3	311	0,40	20,0
V2b.1	5,5	-6,6	-5,1	311	0,39	21,8
V2b.2	5,5	6,1	-4,7	307	0,40	19,9
V3a.1	5,2	-7,9	-6,3	311	0,38	22,1
V3a.2	5,1	-7,9	-6,2	306	0,39	20,1
V3b.1	5,2	-6,7	-5,2	306	0,39	21,1
V3b.2	5,2	-5,4	-4,3	290	0,42	18,5
JND	5 %	1 dB	1 dB	-	0,03	3 %

Raumakustische Parameterwerte für die untersuchten Varianten (links), Simulationsmodell (unten)



Grün: Differenz zw. Messung und Simulation < JND

Rot: Differenz zw. Messung und Simulation > JND

# Masterarbeit: Vermeidung von Flatterechos



## „Messtechnische Untersuchung und Prüfung der Effektivität grundlegender raumakustischer Maßnahmen zu Ihrer Vermeidung“

Eingereicht an der Universität Wien.

Betreut von: Univ.-Prof. Dr. Christoph Reuter MA, Universität Wien

Dipl.-Phys. Klaus-Hendrik Lorenz-Kierakiewitz, Peutz Consult GmbH

Einführung in die Raumakustik mit besonderem Augenmerk auf Absorber im Allgemeinen und poröse Absorber im Speziellen.

Eigenständige raumakustische Messung eines Hörsaals der Fakultät für Physik in Wien.

Untersuchung des gemessenen Raumes auf die Eignung als Sprachraum (Vergleich mit den österreichischen Normen und Richtlinien) und weiters Vergleiche mit anderen – während der Praktika für Raumakustik an der Universität Wien – raumakustisch vermessenen Räumen.

Vorschläge zur Verbesserung der untersuchten Räume für eine bessere Eignung als Sprachraum (gute Hörsamkeit).



Torsten Gruhl

[tg@peutz.de](mailto:tg@peutz.de)

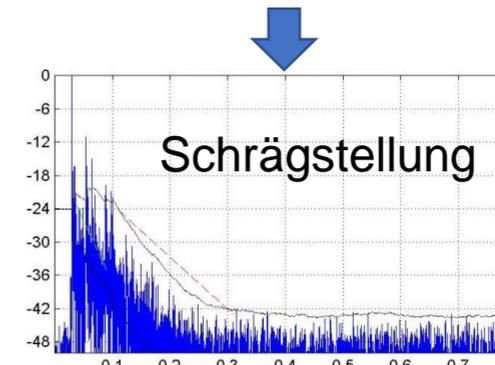
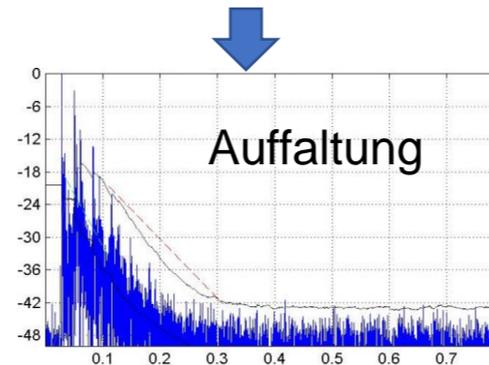
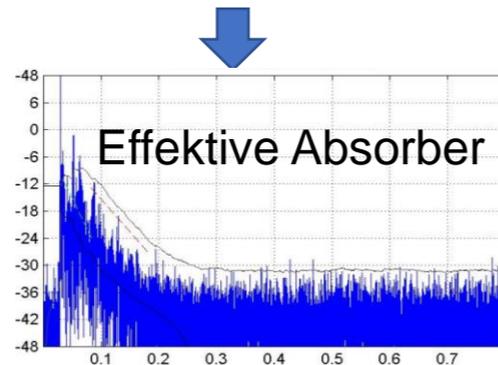
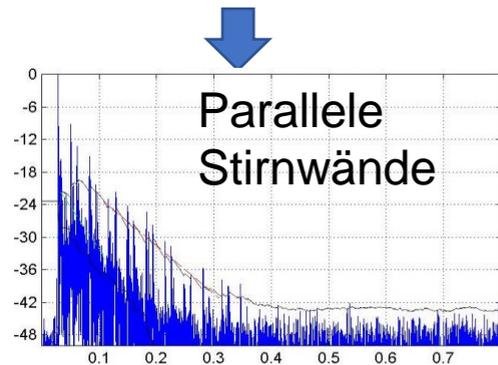
0211 – 999 58 26 69

# Masterarbeit: Vermeidung von Flatterechos

Ergebnisse der Untersuchungen möglicher Gegenmaßnahmen sind:

- eine wesentliche Reduktion von Flatterechos bei Anbringung von ausreichend Absorptionsmaterial sowie
- eine deutlichen Reduktion bei Verdrehung einer der flatterechogenerierenden Begrenzungsflächen um  $9^\circ$ ;
- mit den meisten hier darüber hinaus untersuchten Diffusor-Geometrien war es schwieriger, eine ausreichende Reduktion der Flatterechoausbildung zu erreichen;
- ein Einfluss von Flatterechos auf die Nachhallzeit oder Deutlichkeitsmaß konnte hier nicht verifiziert werden.

Exemplarische Energy-Time-Curves (ETC im Oktavband mit Mittenfrequenz 8.000 Hz):



# Masterarbeit: Raumakustik

## „Vergleich Wiener Auditorien“

Publiziert an der Bauhaus Universität Weimar.

Betreut von: Prof. Dr.-Ing. Conrad Völker, Bauhaus Universität Weimar

Dipl.-Ing. Jörg Arnold, Bauhaus Universität Weimar

Dipl.-Phys. Klaus-Hendrik Lorenz-Kierakiewitz, Peutz Consult GmbH

Bei quaderförmigen Geometrien und schallharten Materialien ohne nennenswertes Absorptionsvermögen, wie Sie in aktuellen Baustilen bevorzugt Anwendung finden, besteht das Risiko der Ausbildung von Flatterechos.

Abhängig von der Stärke des sich einstellen Flatterechos kann die Nutzbarkeit des Raumes raumakustisch stark beeinträchtigt werden.

Zur Untersuchung von Gegenmaßnahmen wurde zunächst in einem üblichen Wohnraum ein Prüfraum baulich hergerichtet und zwar derart, dass möglichst starke Flatterechos als Referenz messtechnisch erfasst werden konnten.

Darin wurden dann die Auswirkungen raumakustischer Gegenmaßnahmen im Hinblick auf Raumimpulsantwortstruktur, Nachhallzeit und Deutlichkeitsmaß untersucht.



Sebastian Kraync

[Sebastian.kranyc@ecophon.at](mailto:Sebastian.kranyc@ecophon.at)

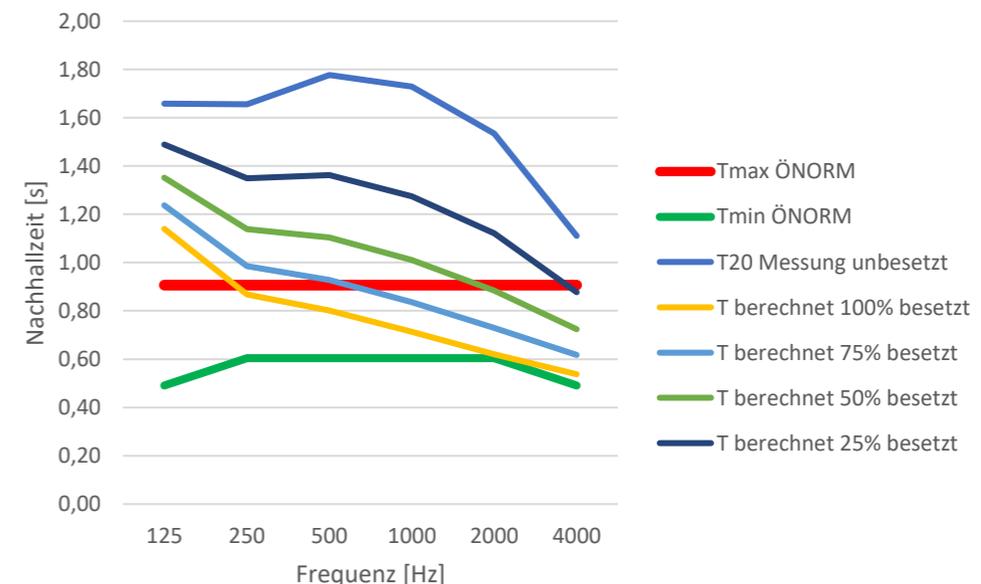
+43 – 664 – 88 75 16 94

Die Ergebnisse der Auswertungen diverser Wiener Hörsäle zeigte:

- Die in der österreichischen Landesbauordnung für Sprachräume geforderten Nachhallzeiten werden in fast allen untersuchten Hörsälen deutlich überschritten.
- In der österreichischen Norm werden diese Forderungen für Räume mit fremdsprachlicher Nutzung (Universität mit internationalen StudentInnen) weiter verschärft.
- Selbst eine volle Besetzung der untersuchten Auditorien mit „hoch absorbierendem Publikum“ (z.B. Winterkleidung) reicht in den meisten Fällen nicht aus um rechnerisch auf eine akzeptable Nachhallzeit zu gelangen.
- Die Ausstattung von zum Teil altherwürdigen Hörsälen mit optisch möglichst minimalinvasiven Akustikmaßnahmen ist keine triviale Aufgabe.
- Um eine gute Hörsamkeit bei elektroakustisch unverstärkter Sprache zu gewährleisten ist in den vermessenen – zum Teil sehr großen – Auditorien das alleinige hinzufügen von Absorptionsmaterial nicht zielführend. Die Planung durch versierte AkustikerInnen ist hier unumgänglich!



Christian-Doppler-Hörsaal Fakultät für Physik Wien



# Masterarbeit: Messe und Messen

## „Wahrnehmung und Raumakustik der Abteikirche Maria Laach“

Eingereicht im Studiengang Klang und Realität an der Robert Schumann Musikhochschule Düsseldorf.

Betreut von: Prof. Julian Rohrer, Institut für Musik und Medien  
Dipl.-Phys. Klaus-Hendrik Lorenz-Kierakiewitz, Peutz Consult GmbH

Listening is often driven by a desire for understanding. It's an attempt to make associations, to recognize the sound as familiar to what we hear into known categories. It's also described and experienced as solidarity and individual practice, deeply personal and private. Field recording is one tool that enhances critical listening, using environmental sources as compositional tools. (Joseph Kamaru)

Ausgangspunkt der Arbeit ist die Auseinandersetzung mit der Wahrnehmung der individuellen akustischen Umgebung. Diese lässt sich als (Klang)Raum begreifen, in dem sich jeder Mensch zu jeder Zeit aufhält.

Raumakustische Messungen sind ein Mittel, diese individuellen Räume für andere zugänglich zu machen. Mit der Abteikirche Maria Laach wurde ein besonderer Raum akustisch untersucht. Dabei wurden nicht nur umfassende raumakustische Messungen durchgeführt, sondern auch Musikaufnahmen, Phonographien und Interviews mit den Mönchen des Klosters: Diese sind als tägliche Nutzer der Kirche nicht nur mit ihrem Klang vertraut, ihr gregorianischer Gesang während der Messfeier ist auch ein zentrales ästhetisches Element der Nutzung.



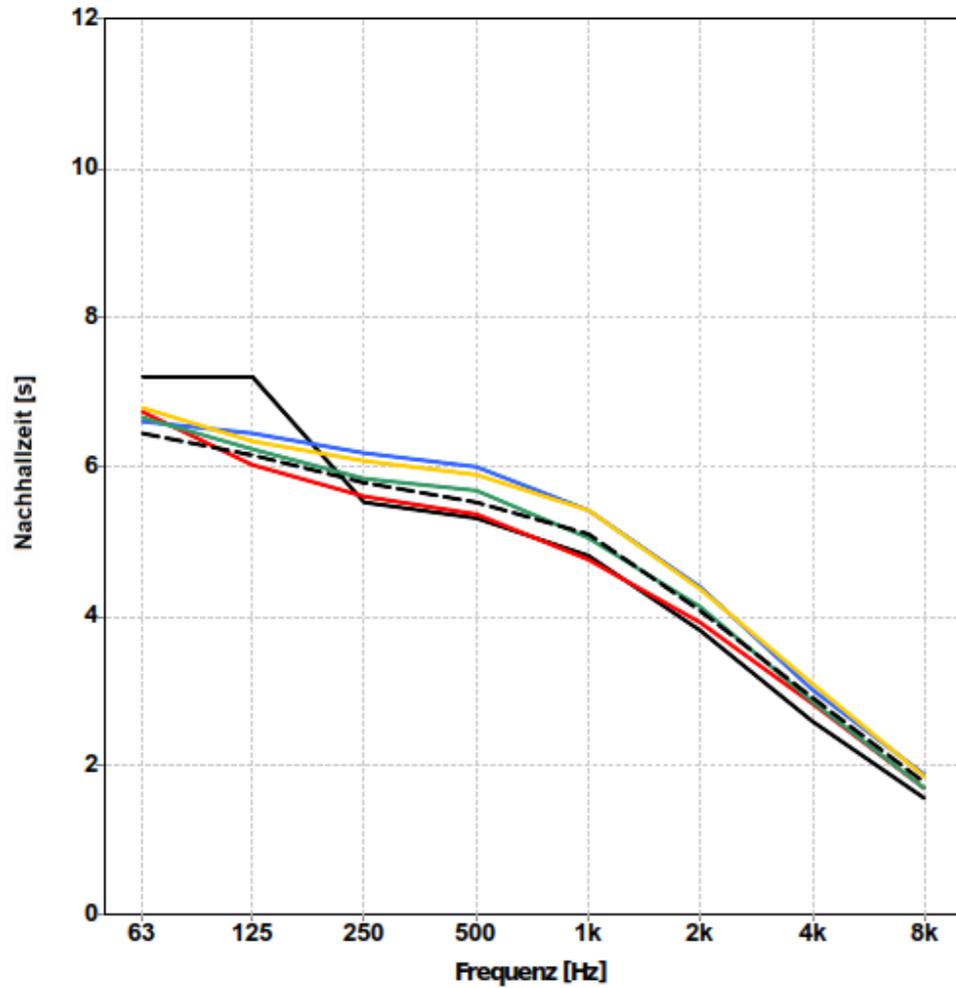
Chris Berna Erkal

[cer@peutz.de](mailto:cer@peutz.de)

0211 – 999 58 26 53

# Masterarbeit: Messe und Messen

Je nach Besetzungszustand wurden, konform DIN EN ISO 3382-1, mittlere Nachhallzeiten von 4,8 bis 5,2 Sekunden gemessen, die eine Betonung tiefer Frequenzen aufweisen:



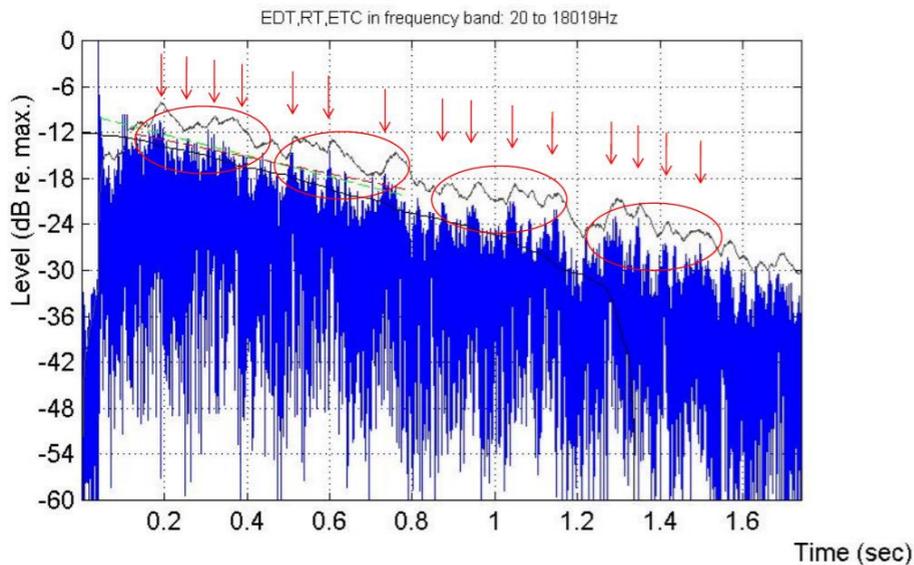
Gemessene Nachhallzeiten



Messungen in der Abteikirche

# Masterarbeit: Messe und Messen

Neben den üblichen raumakustischen Parametern wurden auch spezifische Phänomene untersucht: So ist im ansonsten regulär abklingenden Innenraum ein charakteristisches Echo wahrnehmbar, das im Mittelschiff mit einer Frequenz von ca. 3 Hz auf der Längsachse entsteht. Dessen Reflexionsstruktur konnte sowohl in Impulsantworten als auch mit einer Analyse von Choraufnahmen identifiziert und lokalisiert werden.



Die Wiederholung der (Schlussphrasen der) Gesänge durch das Echo und deren akustische Vergrößerung und Verstärkung durch den Nachhall, erzeugen ein klangliches Phänomen, eine „Stimme von oben“, das seine visuelle Entsprechung in dem übergroßen Christusmosaik in der Ostapsis findet.

