



Raumakustisches Gutachten

für ein Homestudio + Recording Raum

Kunde/in:

Dascha Dauenhauer
Gervinusstraße 7
10629 Berlin

erstellt von:
Louis Geerken, M.Sc Engineering Acoustics
am 16.06.2022

Inhaltsverzeichnis

Ist-Zustand und Zielbeschreibung	1
Raum 1.....	1
Raum 2.....	3
Messplan	5
Ergebnisse	6
Abhörpositionen (Raum 1)	6
Nachhallzeit.....	9
Analyse und Empfehlungen.....	11
Raum 1.....	11
Abhörposition 1 und 2.....	12
Raum 2.....	13
3D Model	15
Raum 1.....	15
Raum 2.....	16

Hinweis:

Für Analyse und Empfehlungen sowie das 3D Model können die ersten Kapitel problemlos übersprungen werden. Diese dienen der Referenz für weiterführende oder zukünftige Fragen.

Verwendetes Material:
Steinberg UR22C
Beyerdynamic MM1

Ist-Zustand und Zielbeschreibung

Zwei Räume in einer Privatwohnung sollen zu einem privaten Tonstudio mit Recording Booth umgebaut und dahingehend akustisch optimiert werden. Zu diesem Zweck wurden die Räume akustisch ausgemessen. Die Ergebnisse und dessen Auswertung werden in diesem Bericht präsentiert. Auf Grundlage der Messergebnisse wird eine Optimierung der Akustik empfohlen. Eine passende Konfiguration aus Modulen und ihre Platzierung wird erstellt.

Raum 1

Dieser Raum soll für das Homestudio und einen Flügel genutzt werden. Die Abhörposition auf der Couch ist ebenfalls relevant. Die Positionierung soll, wie auf den Bildern zu sehen, beibehalten werden.

Fläche: 28,95m²

Höhe: 2,4m

Volumen: 68,48m³

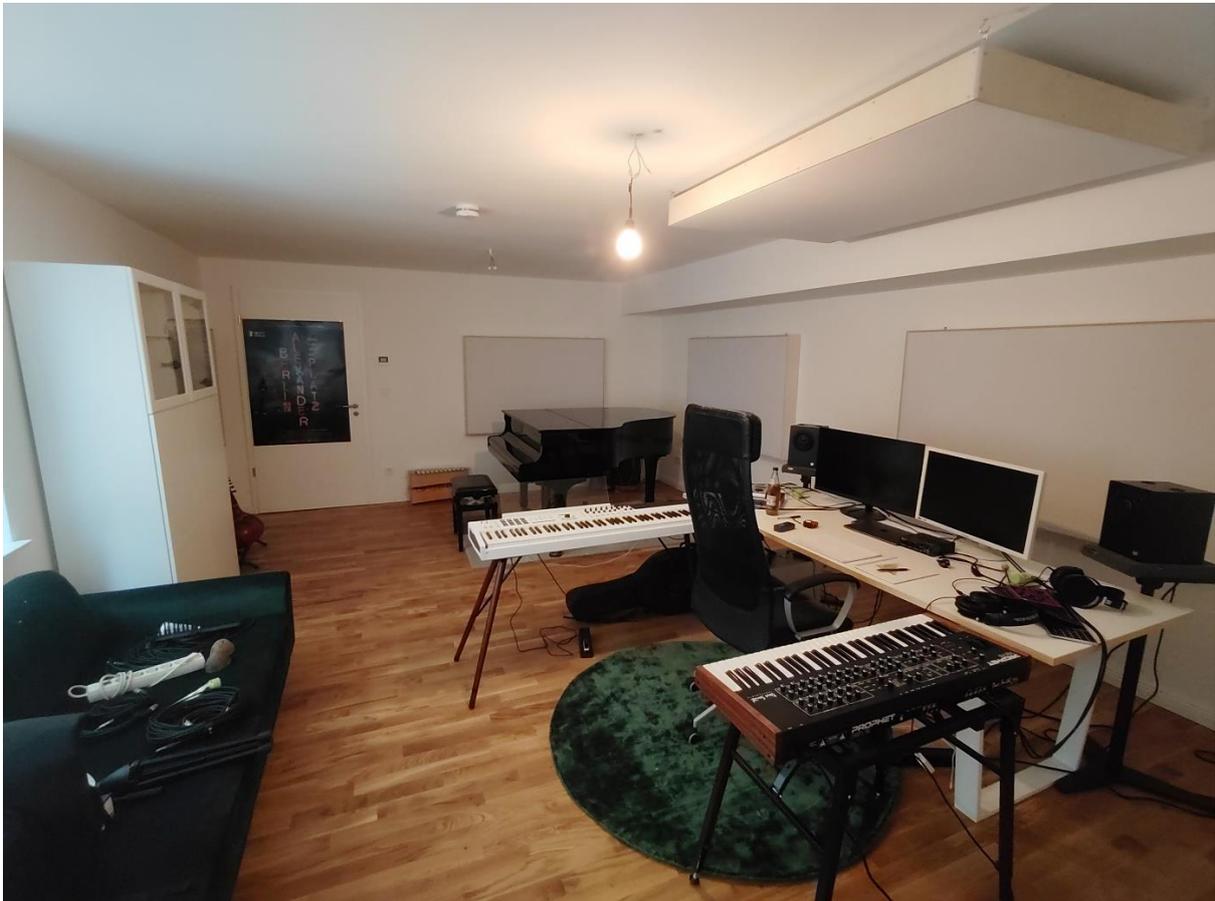


Abbildung 1: Ansicht Raum 1, Abhörposition 1 und Couch im Vordergrund

Raum 2

Dieser Raum soll für Aufnahmen einzelner Musiker genutzt werden. Meist handelt es sich hierbei um Streicher wie Cellisten oder Violinisten, seltener auch Holzbläser und Sänger.

Die Aufnahmen sollen aus dem Nebenraum gesteuert werden. Leider ist ein Durchbruch für Sichtkontakt aus Gründen der Statik nicht möglich. Es wird jedoch ein Kabelkanal zwischen den Räumen empfohlen, damit die Tür problemlos geschlossen werden kann.

Fläche: 12,25m²

Höhe: 2,4m

Volumen: 29,01m³



Abbildung 4: Ansicht auf den Eingang



Abbildung 5: Ansicht vom Eingang

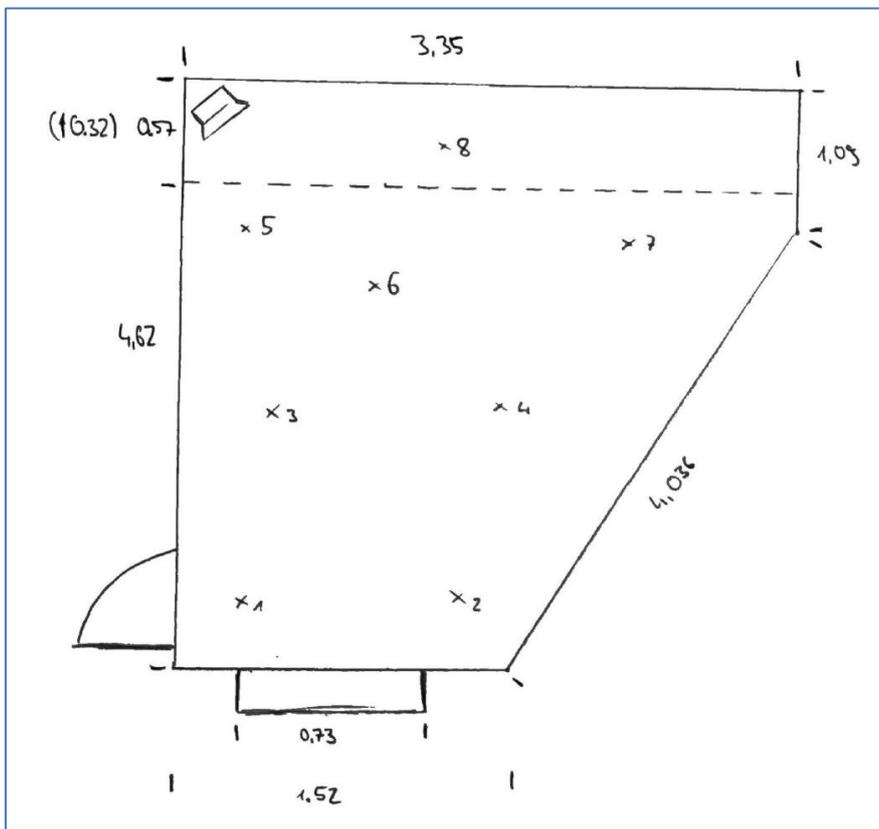


Abbildung 6: Grundriss mit Maßen

Messplan

Neben den wichtigsten Messpunkten an den Abhörpositionen H1 (Arbeitsplatz), H2 (Flügel) und H3 (Gästecouch) werden pro Raum acht weitere Positionen A1-A8 auf den Raum verteilt, um die gesamte Situation zu erfassen.

Die Abhörpositionen setzen sich aus fünf Messungen zusammen, welche bei Bedarf gemittelt werden: Eine am eingezeichneten Punkt und vier weitere, jeweils um 30 cm in jede Richtung verschoben. So wird die potentielle Position des Hörers optimal abgedeckt.

Für die Messungen an Abhörpositionen H1 und H3 wurden die Lautsprecher an ihrer Position belassen, um das realistische Nutzungsszenario beizubehalten. Für alle anderen Messpunkte wurde der Lautsprecher in einer Raumecke platziert, um den Raum auch über alle Moden hinweg gleichmäßig anzuregen.

Ergebnisse

Abhörpositionen (Raum 1)

Abbildung 7 zeigt die Übertragungsfunktion (auch: Frequenzverlauf) zwischen den Stereo-Lautsprechern und Abhörposition H1. Im Sinne eines neutralen und unverfälschten Klangbildes ist hier ein möglichst linearer Verlauf gewünscht - also eine gerade, horizontale Linie über alle Frequenzen. Es ist gängig, dass sich durch das Nahfeld der Studiolautsprecher in Richtung höherer Frequenzen bereits ein linearerer Verlauf zeigt, wohingegen bei tiefen Frequenzen zunehmend Raummoden zu problematischer Überhöhung oder Auslöschung (Interferenz) führen.

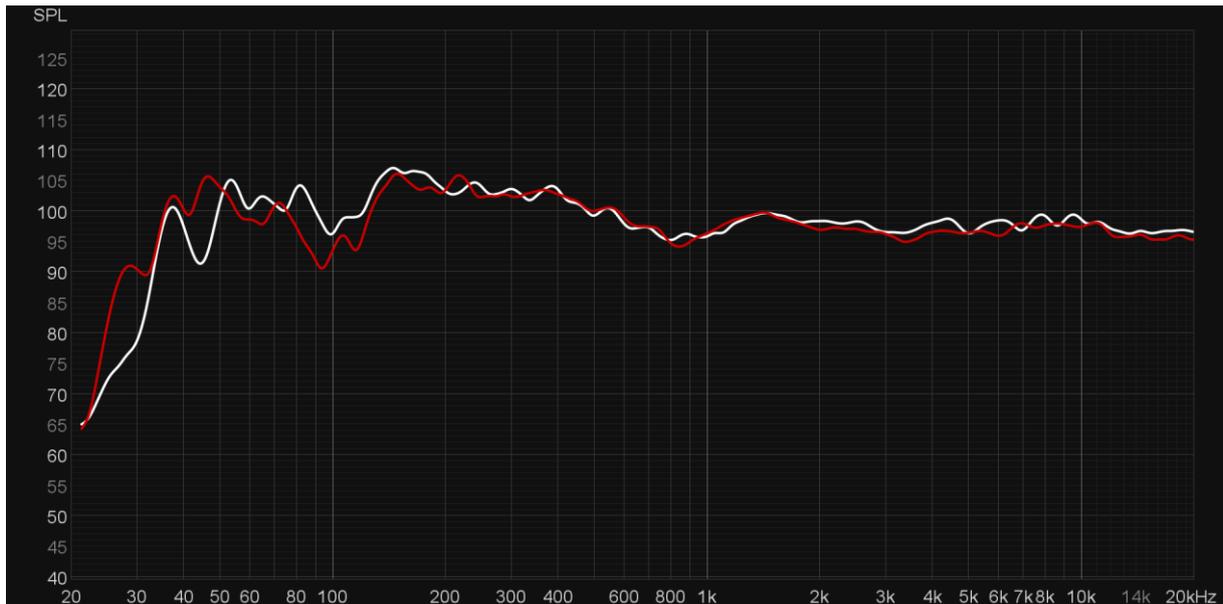


Abbildung 7: Übertragungsfunktion zwischen den Stereolautsprechern und Abhörposition 1 am Arbeitsplatz.
rot: rechter Lautsprecher, weiß: linker Lautsprecher

Abbildungen 8 und 9 zeigen ein Wasserfalldiagramm, welches die Übertragungsfunktion um den Zeitbereich erweitert. Hier lohnt sich vor allem der Blick auf die tiefen Frequenzen. Es wird deutlich, dass die Raummoden bei tiefen Frequenzen nicht nur lauter, sondern auch deutlich länger zu hören sind.

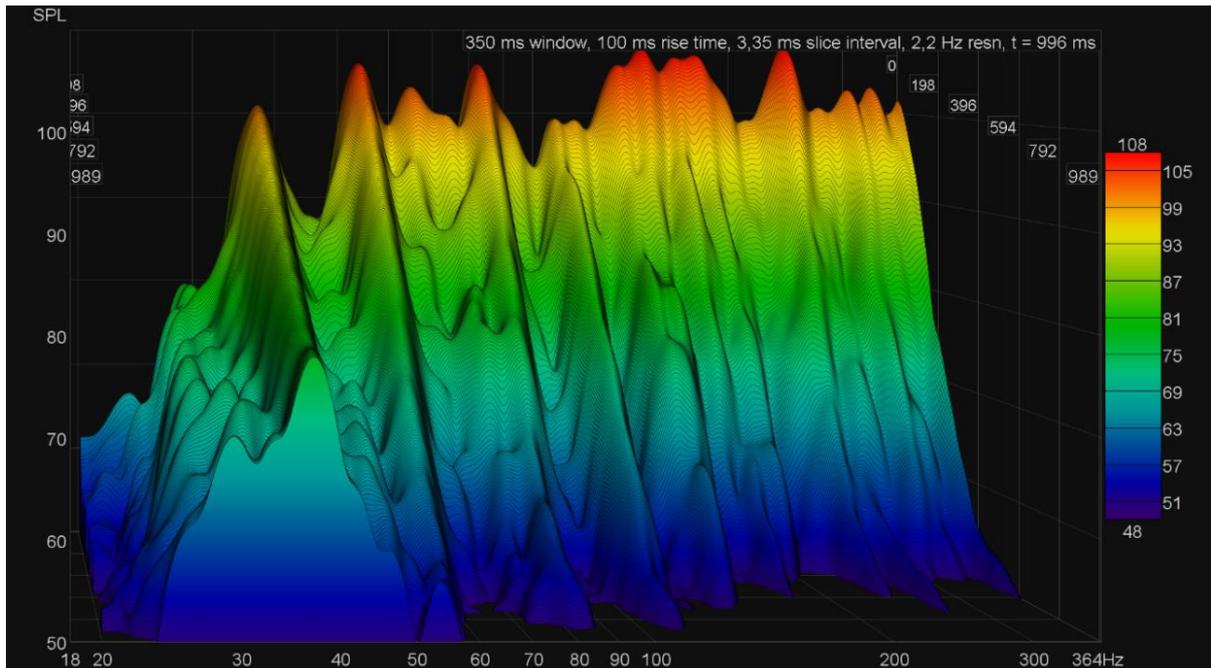


Abbildung 8: Wasserfalldiagramm zwischen Lautsprecher L und Abhörposition 1

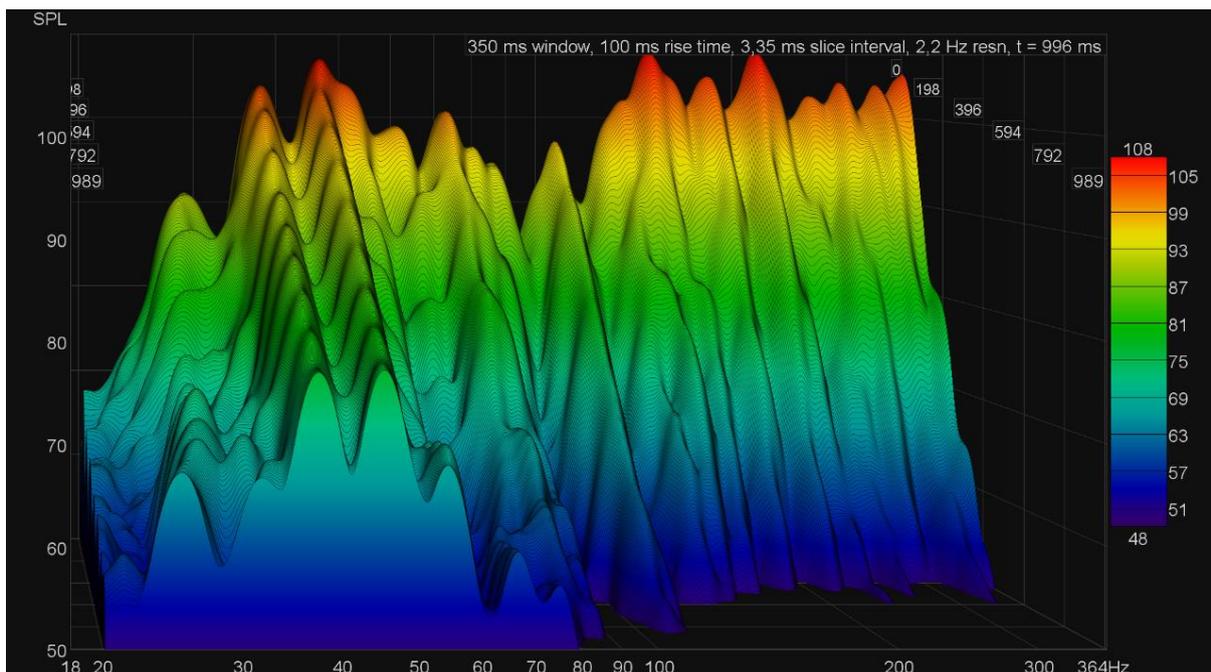


Abbildung 9: Wasserfalldiagramm zwischen Lautsprecher R und Abhörposition 1

Abbildungen 10 und 11 zeigen die Impulsantwort, die das System aus linken bzw. rechtem Lautsprecher und Abhörposition H1 in der rein zeitlichen Dimension beschreibt. Ein linearer und gleichmäßiger Abfall wäre wünschenswert. Verzögerte Spitzen von mehr als -25 dB deuten auf schallharte Flächen hin, die störende frühe Reflektionen befördern.

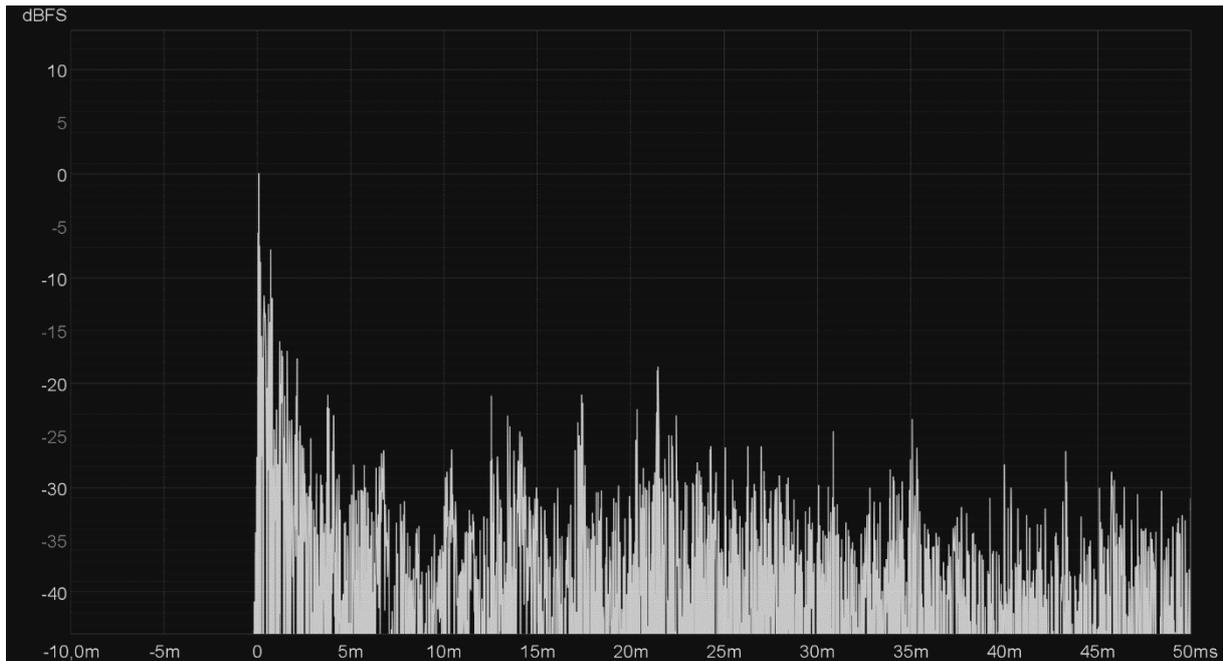


Abbildung 10: Zeitverlauf / Impulsantwort zwischen Lautsprecher L und Abhörposition 1

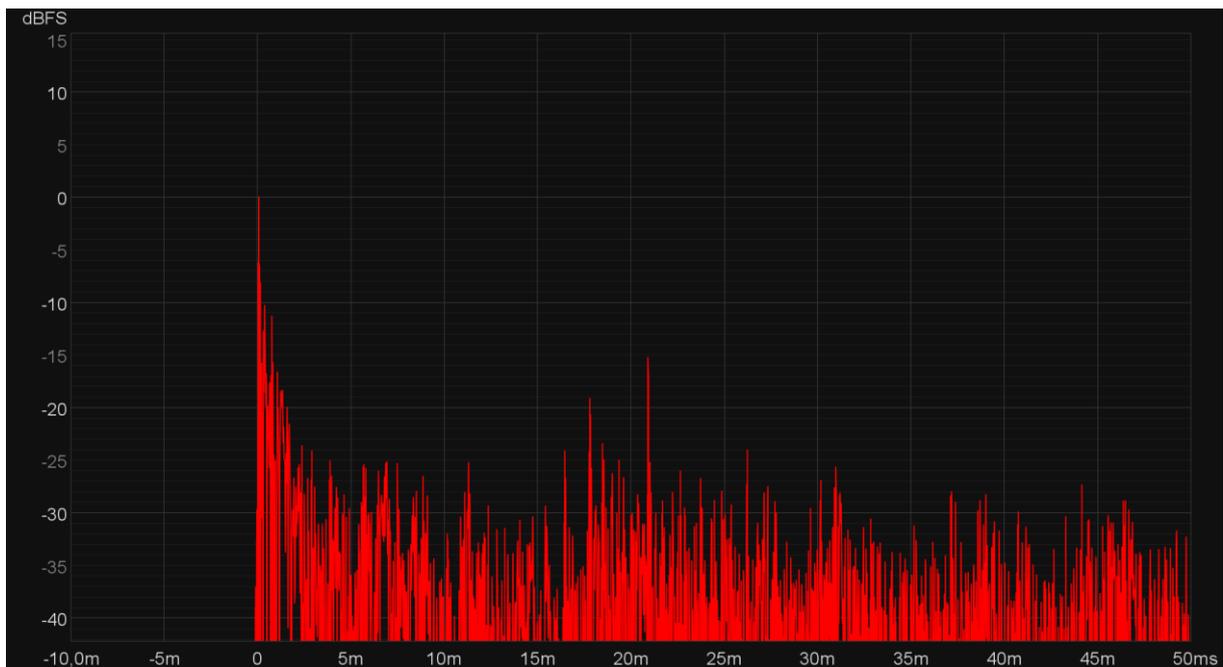


Abbildung 11: Zeitverlauf / Impulsantwort zwischen Lautsprecher R und Abhörposition 1

Abbildungen 12 und 13 zeigen ähnlich wie Abbildung 7 die Übertragungsfunktionen zwischen dem Lautsprechern und jeweils Abhörposition H2 und H3. Auch hier zeigt sich wieder eine Überhöhung im Bassbereich mit deutlichen Bergen und Tälern.

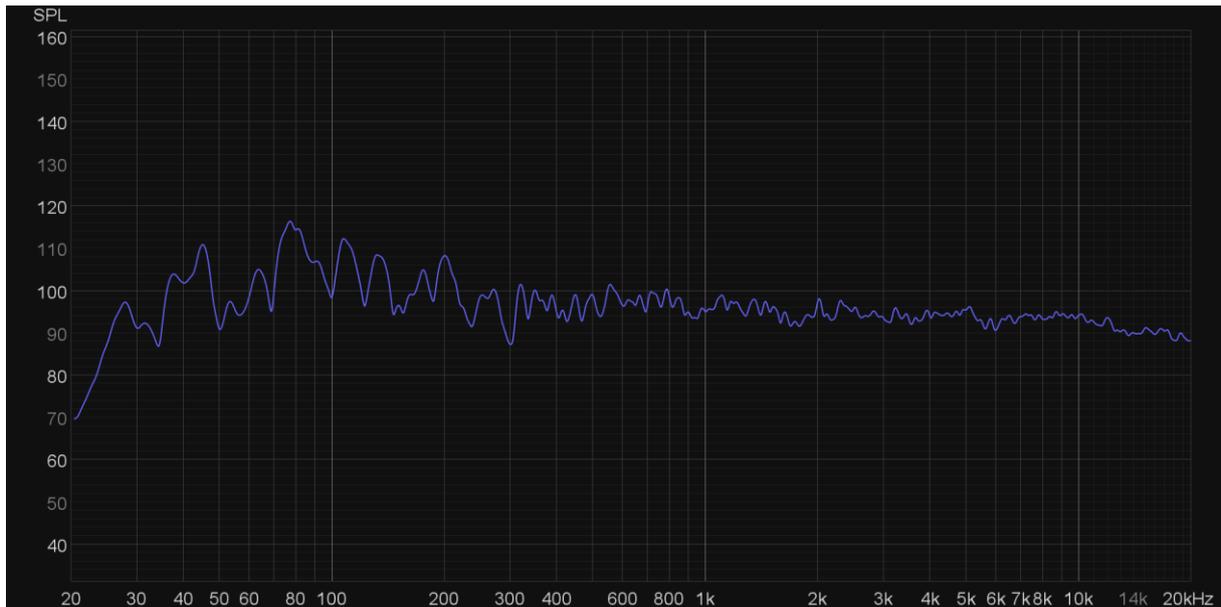


Abbildung 12: Übertragungsfunktion zwischen Raumecke und Abhörposition H2 (am Flügel)

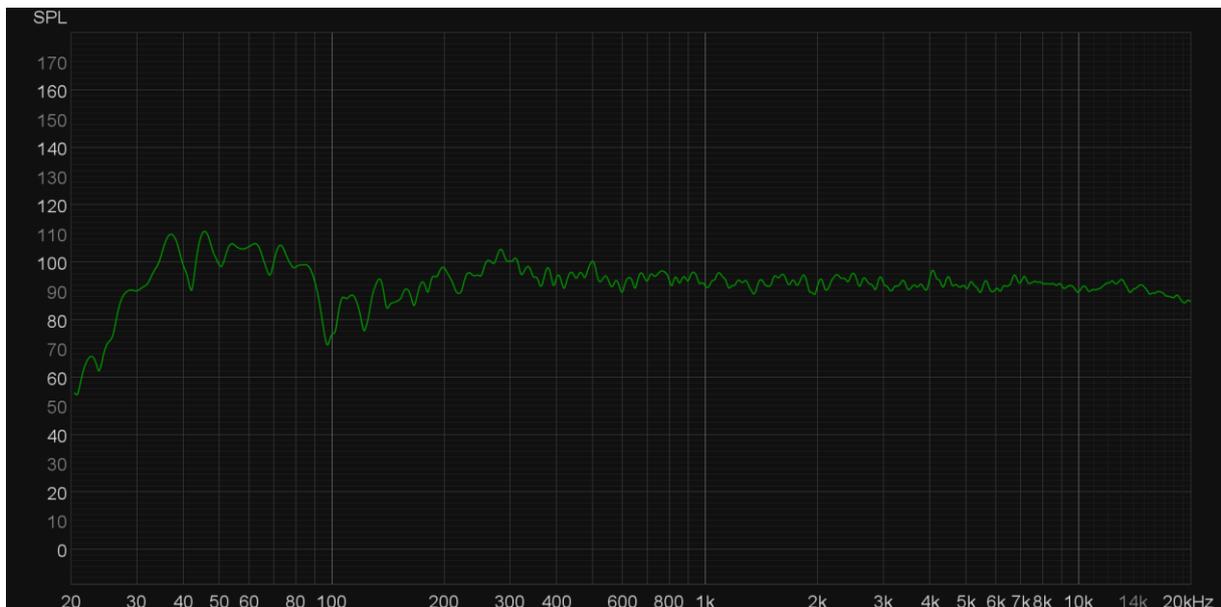


Abbildung 13: Übertragungsfunktion zwischen Stereo-Lautsprecher R und Hörposition H3 (Gästesofa)

Nachhallzeit

Die wichtigste Größe in der Raumakustik ist die Nachhallzeit RT_{60} . Sie beschreibt, vereinfacht gesagt, wie viel Zeit vergeht, bis der Schall bei einer bestimmten Frequenz in einem Raum abgeklungen und nicht mehr hörbar ist. Dies ist direkt von der Menge an absorbierendem Material abhängig, und sollte je nach Nutzungsart innerhalb eines engen Toleranzbereiches liegen. Darüber hinaus gilt wie bei der Übertragungsfunktion: Möglichst linear.

Abbildungen 14 und 15 zeigen den Verlauf der Nachhallzeit an allen Messpunkten in Räumen 1 und 2. Besonderes Augenmerk sollte hier auf den Verlauf des Mittelwertes gelegt werden, welcher als Grundlage für die Optimierung genutzt wird.

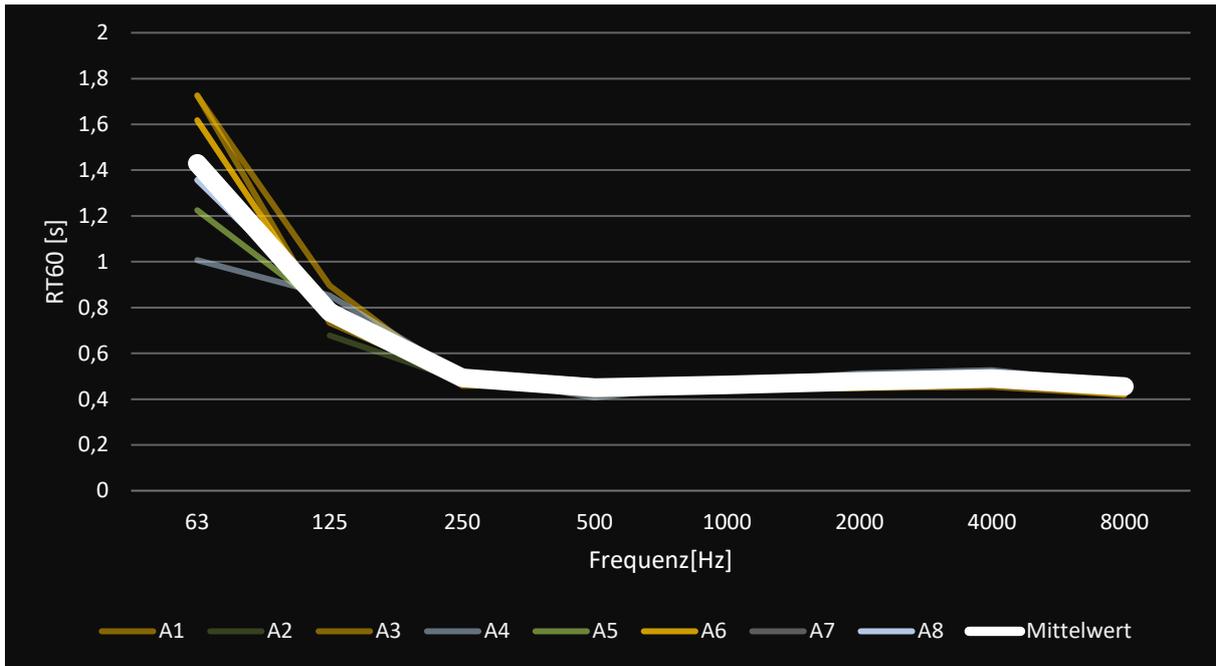


Abbildung 14: Raum 1, Nachhallzeit RT60

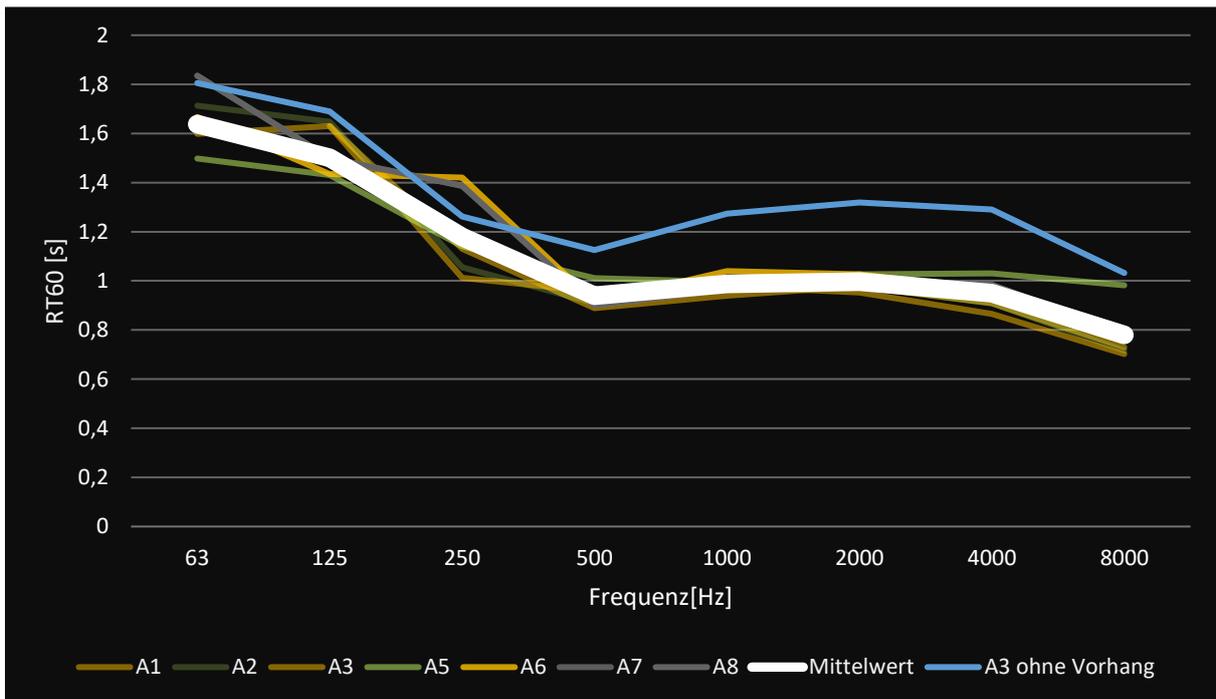


Abbildung 15: Raum 2, Nachhallzeit RT60

Analyse und Empfehlungen

Raum 1

In diesem Raum sind die Abhörpositionen bereits festgelegt, und einige Akustik-Module bereits vorhanden. Diese senken die mittlere Nachhallzeit im Raum oberhalb von 250 Hz bereits auf ein sehr lineares und homogenes Niveau (Abb.14). Unterhalb der genannten Grenze steigt die Nachhallzeit jedoch stark an und ist an verschiedenen Stellen im Raum unterschiedlich lang, was auf das Vorhandensein mehrerer Raummoden zurückzuführen ist. Um den Verlauf der Nachhallzeit weiter zu linearisieren und die genannten Raummoden zu bedämpfen wird daher in erster Linie die Verwendung von Bassfallen empfohlen.

Ebendiese Bassfallen sind auch mit Blick auf die Übertragungsfunktionen und Wasserfalldiagramme an allen drei Abhörpositionen empfehlenswert. Im aktuellen Zustand fehlt es an jeglicher Bedämpfung von Raummoden. Dies äußert sich überall im Raum gleichermaßen durch stark ausgeprägte Berge und Täler im tiefen Frequenzbereich.

Besonders charakteristisch für den Raum ist das Vorhandensein von zwei unterschiedlichen Nutzungsarten. Diese beiden Nutzungsarten, namentlich einer Studio-Abhöre und das Spielen eines Flügels, führen zu teilweise entgegengesetzten Anforderungen an die Akustik, so auch an die optimale Nachhallzeit. Während für die Abhöre ein akustisch sehr trockener, das heißt stark absorbierend ausgekleideter mittelgroßer Raum wünschenswert ist, wäre für den Flügel ein halligerer, größerer Raum angebracht. Um beide Nutzungsarten bestmöglich unterzubringen, wird eine variable Raumakustik durch einen Akustik-Vorhang vorgeschlagen. Jedoch wird der deutliche Fokus auf eine Optimierung hinsichtlich der Abhörposition H1 gelegt, da es sich hier um den Haupt-Arbeitsplatz der Kundin handelt.

Aus den Impulsantworten zwischen der Stereo-Abhöre und dem Arbeitsplatz geht hervor, dass einige störende frühe Reflektionen im Zeitbereich zwischen 15 und 22 ms durch die freie Rückwand mit Fenstern zustande kommen. Hier bietet sich das Platzieren des oben genannten Akustikvorhanges an, der an dieser Stelle zwei Funktionen erfüllt: Zum einen die Bedämpfung früher Reflektionen und zum anderen die Absenkung der allgemeinen Nachhallzeit im Raum. Wird anstelle der ersten Nutzungsart der Flügel gespielt, kann der Vorhang geöffnet werden um die Nachhallzeit zu erhöhen und den Raum lebendiger zu gestalten. Die Fenster als reflektierende Fläche sind bei Nutzung des Flügels nicht problematisch.

In Anbetracht der Raumgröße ist die Menge an Absorption mit den Bassfallen und dem Akustik-Vorhang optimal. Dies kann rechnerisch aus den Messungen ermittelt werden. Zuletzt wäre es zu empfehlen, das bereits vorhandene Deckensegel mit einem Abstand zur Decke von circa 15 cm abzuhängen, um so die Wirkung zu erhöhen.

Weiterhin gibt es viele offene Raumbegrenzungsflächen. Es ist ratsam, diese durch Diffusoren abzudecken, und so das Schallfeld zu homogenisieren und abzurunden. Auch die Decke oberhalb des Sitzplatzes am Flügel ist bisher frei. Hier empfiehlt sich die Verwendung eines 3D-Diffusors, um ein Flatterecho in der Vertikalen zu vermeiden.

Fazit:

8 Bassfallen, jeweils 4 Premium und 4 Wrap

4 QRD7 oder QRD36, (einer links, zwei vorne mittig, einer rechts)

1 Akustik-Vorhang 6m² (vor dem Fenster)

1 3-Diffusor Square (über dem Flügel)

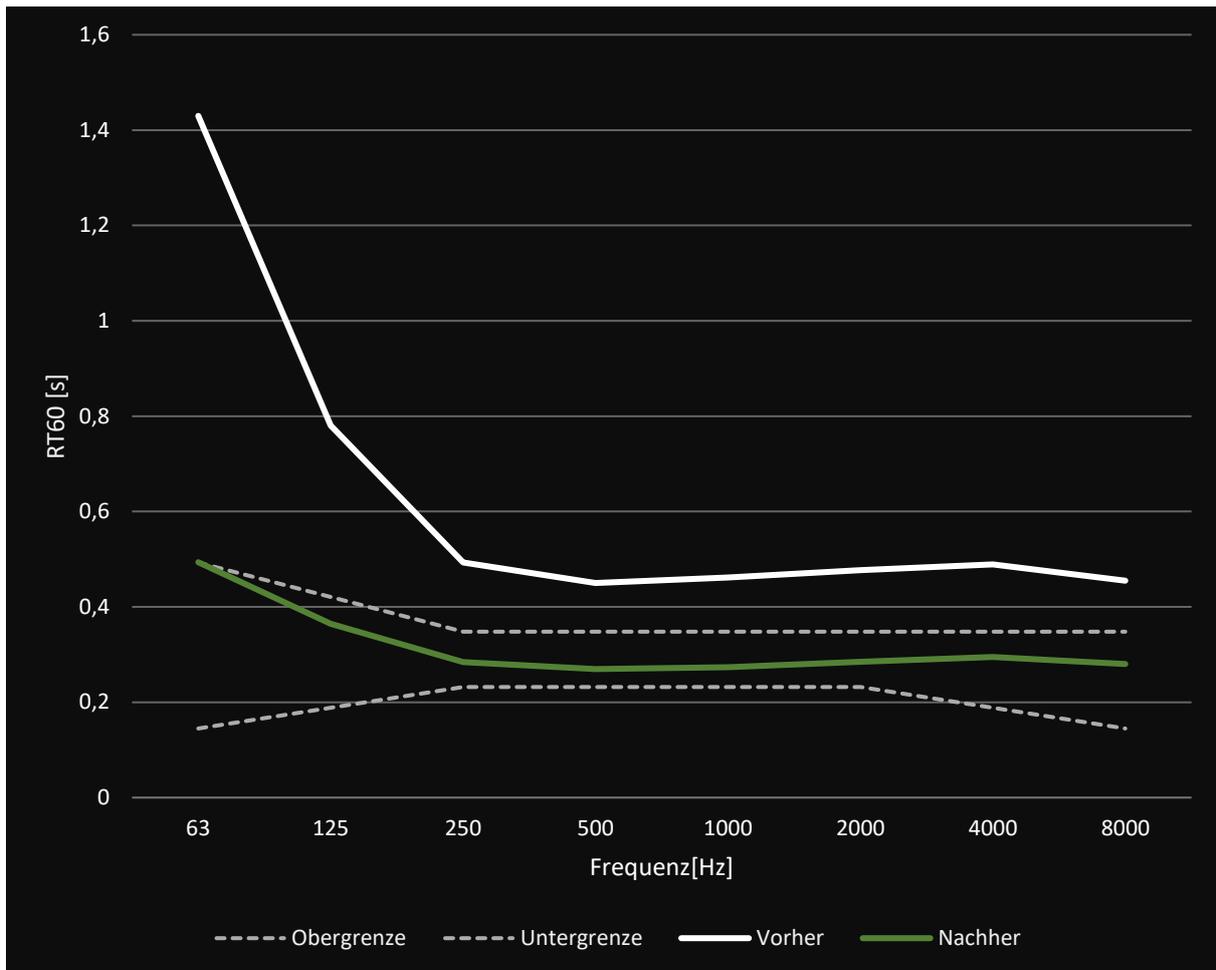


Abbildung 16: Nachhallzeitoptimierung in Raum 1. „Nachher“ zeigt den Zustand mit geschlossenem Akustik-Vorhang
Zielwert inkl. Ober- & Untergrenze nach DIN 15996

Abhörposition 1 und 2

Zunächst muss festgehalten werden, dass die asymmetrische Ausrichtung der Abhörpositionen nicht optimal, jedoch annehmbar ist. Im Sinne eines ausgeglichenen Stereobildes ist vor allem die Entfernung zur jeweils linken und rechten Wand von der Position aus problematisch. Jedoch wird dieser Aspekt durch den bereits vorhandenen Absorber auf der rechten Seite weitestgehend abgeschwächt.

Für Abhörposition H2, also die Gästecouch, gilt in Bezug auf die Symmetrie dasselbe. Weiterhin kann sich durch die unmittelbare Nähe zur Rückwand auch nach Installation der Bassfallen eine hörbare Überhöhung des Bassbereiches, vor allem bei 37 Hz einstellen. Dies ist die erste tangentielle Mode entlang der Vorder- & Rückwand und kann durch die Erhöhung des Abstandes zur Rückwand behoben werden.

Zuletzt sollte das Stereodreieck an Abhörposition 1 korrigiert werden. Zum Zeitpunkt der Messung betrug der Abstand zwischen den Lautsprechern 1,6 m, während der Abstand der Lautsprecher zur Abhörposition jeweils ca. 1,25 m betrug. Optimal wäre hier ein gleichwinkliges Dreieck. Bei der gegebenen Tiefe des Tisches müssten die Lautsprecher demnach näher zueinander gerückt werden, um eine optimale Stereo-Auflösung zu erhalten. Ebenfalls sollte die Mitte des Koaxialreifers auf der Vorderseite des Lautsprechers auf Ohrhöhe eingestellt sein.

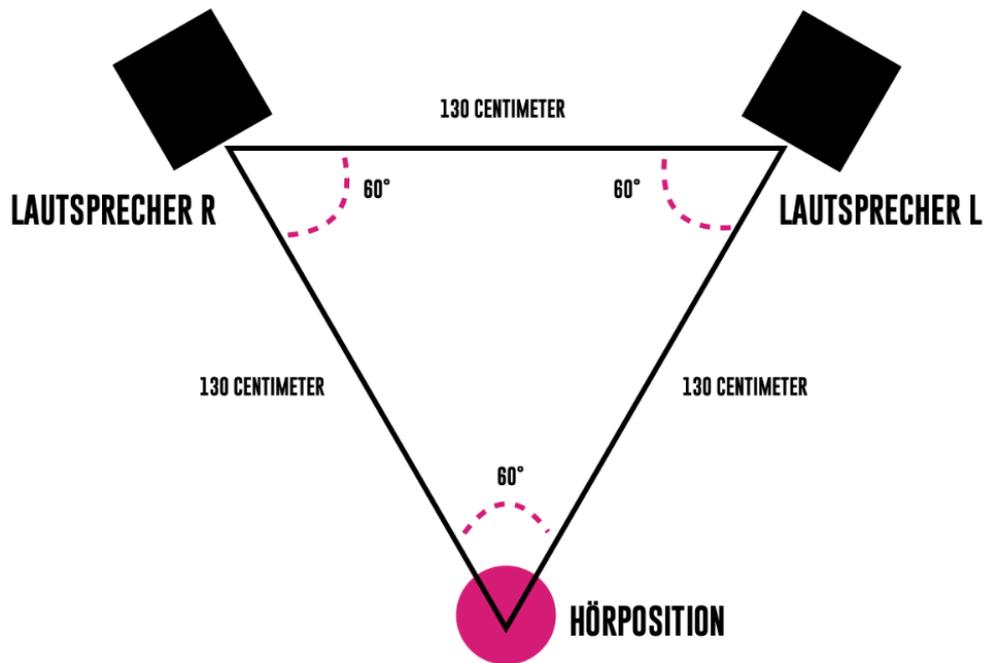


Abbildung 17: Optimale Einstellung eines Stereodreiecks

Raum 2

Dieser Raum soll für unterschiedliche Recording-Zwecke genutzt werden. Von der Kundin wurden insbesondere Cello und Violine, aber auch Holzbläser und Vocals genannt. Sollen die genannten Instrumente in einem kleinen Raum wie diesem aufgenommen werden, sollte der Raum möglichst linear trocken, jedoch nicht überdämpft und mit etwas Diffusion ausgekleidet sein. Der gewünschte Hall wird dem Recording üblicherweise in der Postproduktion beigelegt.

Ähnlich der Situation in Raum 1, kann auch hier der bereits vorhandene Akustik-Vorhang für eine variable Nachhallzeitanpassung genutzt werden. Da dieser Raum ein deutlich kleineres Volumen hat, fällt der Vorhang sogar noch deutlicher ins Gewicht. Ein Vergleich zwischen offenem und geschlossenem Vorhang kann der Messung in Abbildung 15 entnommen werden.

Anhand der Messung und dem ermittelten Volumen kann exakt die benötigte Menge absorbierender Materials berechnet werden, um eine optimale Nachhallzeit zu erhalten. Auch hier wird stark auf tieffrequente Absorption gesetzt, um dem aktuellen Anstieg in Richtung tiefer Frequenzen entgegenzuwirken. Um der Nutzungsart des Voice-Recordings entgegen zu kommen, werden einige der Absorber bündig an einer Raumecke platziert. Das Mikrofon kann direkt davor positioniert und nahezu komplett ohne Raumeinfluss aufgenommen werden.

Die genaue Platzierung der Module kann der 3D-Planung entnommen werden.

Fazit:

5 Bassfallen

10m² Breitband Absorber, davon mindestens 4m² als Deckensegel mit Deckenabstand

8 Diffusoren

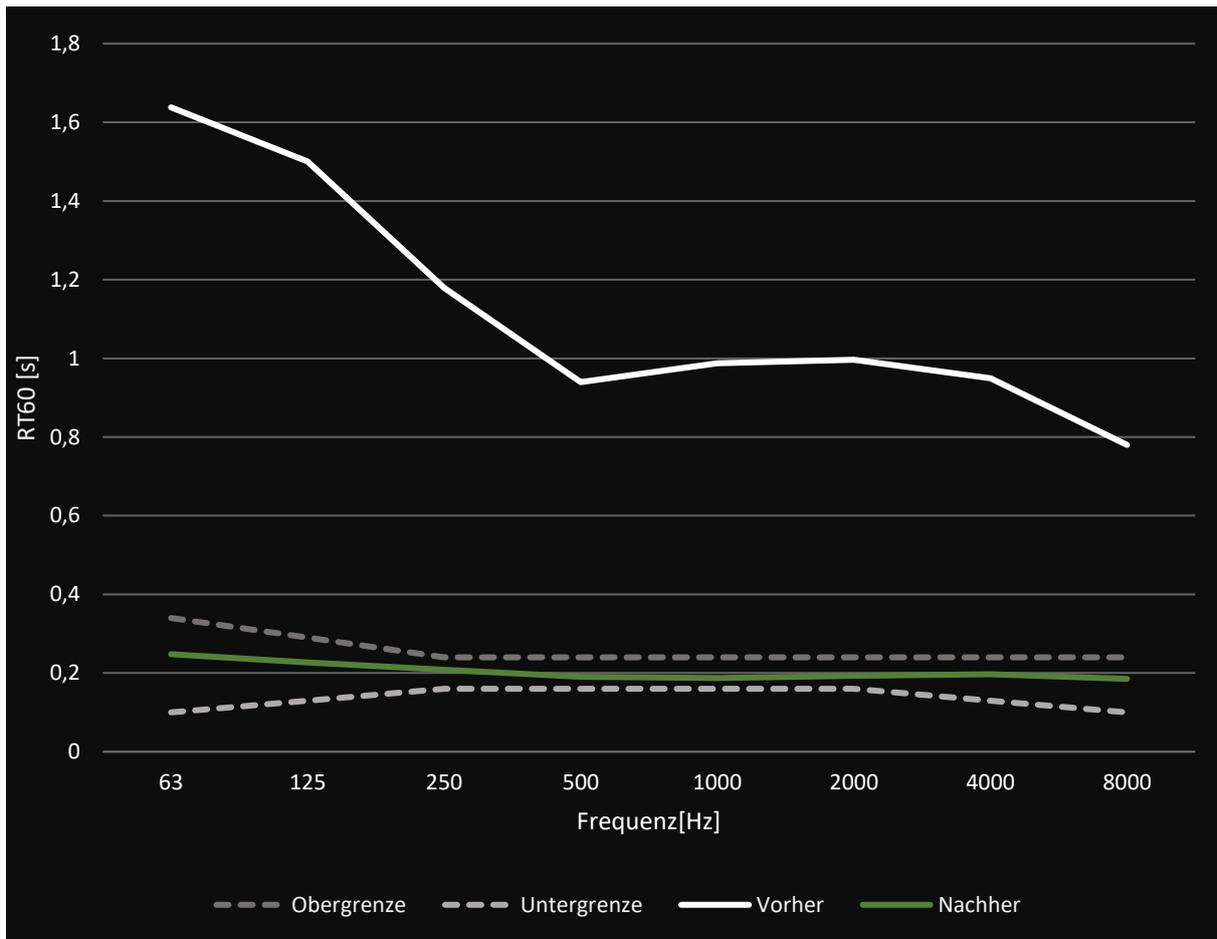


Abbildung 18: Nachhallzeitoptimierung von Raum 2. Zielwert inkl. Ober- & Untergrenze nach DIN 15996

3D Model

Raum 1

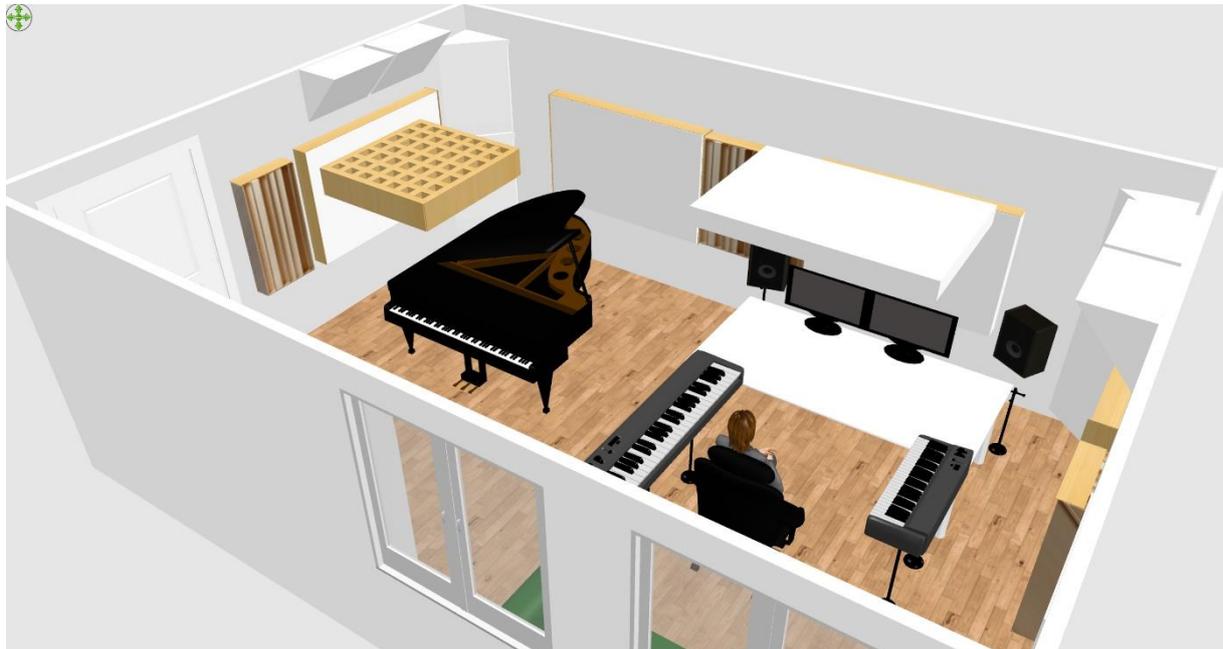


Abbildung 19: Ansicht schräg



Abbildung 20: Ansicht oben

Raum 2

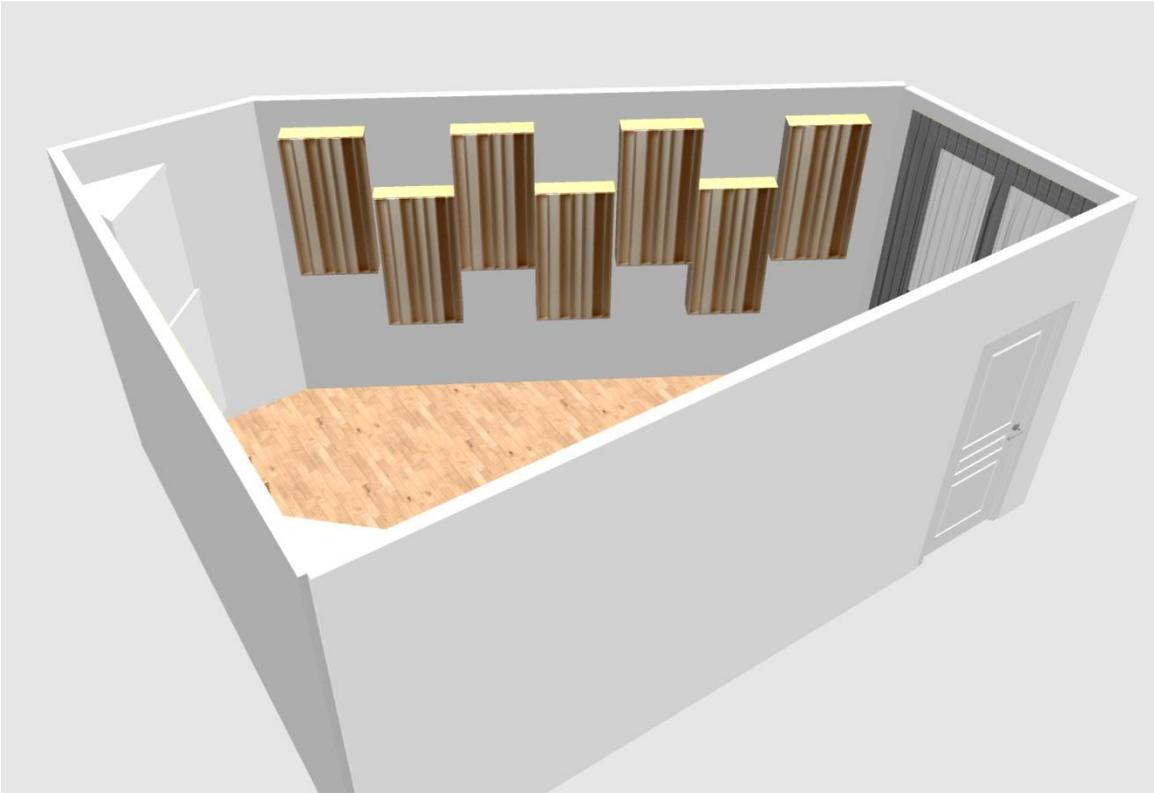


Abbildung 21: Ansicht schräg auf Diffusoren

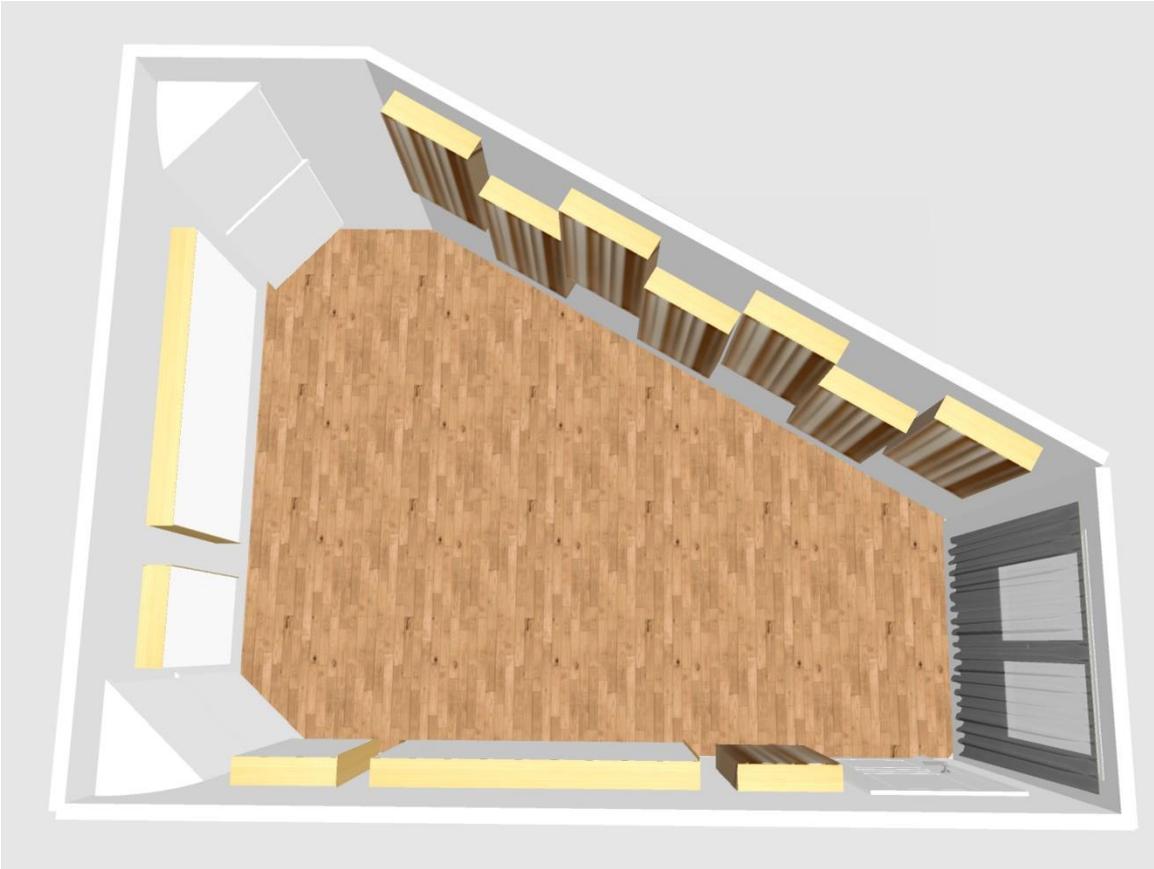


Abbildung 22: Ansicht oben

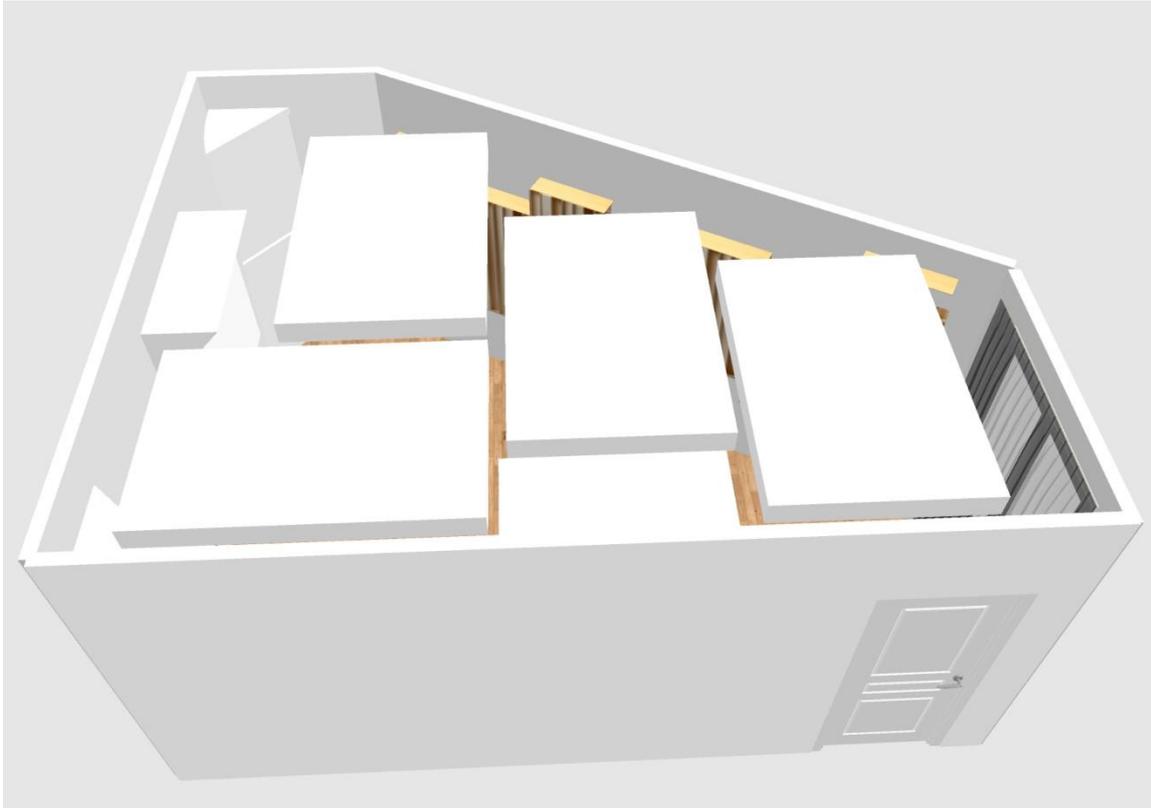


Abbildung 23: Ansicht schräg mit eingezeichneten Deckensegeln