

Raumakustische Untersuchung

Auftraggeber: Bröckling Vullhorst Ingenieure GmbH
Josef-Förster-Straße 4
33161 Hövelhof

Art des Gebäudes: Schule

Standort des Gebäudes: Feldstraße 13
33330 Gütersloh (Nordrhein-Westfalen)

Projektnummer: 553614410

Durchgeführt von: DEKRA Automobil GmbH
Industrie, Bau und Immobilien
Dipl.-Ing. (FH) Daniel Möller
Stieghorster Straße 86-88
D-33605 Bielefeld
Telefon: +49.521.92795-82
E-Mail: daniel.moeller@dekra.com

Auftragsdatum: 08.04.2022

Berichtsumfang: 27 Seiten Textteil und 7 Seiten Anhang

Aufgabenstellung: Raumakustische Beratung zur Sanierung, Umbau und Erweiterung des Evangelisch Städtischen Gymnasiums an der Feldstraße 13 in 33330 Gütersloh

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1 Aufgabenstellung	3
2 Beauftragung	4
3 Beurteilungsgrundlagen	4
4 Anforderung	5
4.1 Allgemeines	5
4.2 Berücksichtigte Anforderungen und Empfehlungen an die Nachhallzeit	6
4.3 Personen mit einem eingeschränkten Hörvermögen bzw. inklusive Nutzungen	7
5 Bestandsaufnahme	8
5.1 Allgemeines	8
5.2 Aula	8
5.3 Musikraum („M2“)	11
5.4 Klassenräume	13
5.5 Gruppenraum	19
5.6 Flure und Verkehrsflächen	21
6 Detaillösungen und sonstige Hinweise	24
6.1 Anordnung im Raum	25
6.2 Anmerkungen zu Überschreitungen im tieffrequenten Bereich	25
6.3 Anmerkungen zu Wandabsorbern	26
7 Schlusswort	27
Anlagen	
Beschreibung der Nutzungsarten	Anlage 1
Datenblätter Produkthersteller (auszugsweise/musterhaft)	Anlage 2
Eigenbau Tiefenabsorber	Anlage 3

1 Aufgabenstellung

Der bestehende Gebäudekomplex der Schule an der Feldstraße 13 in 33330 Gütersloh soll saniert, umgebaut und erweitert werden.

Im Rahmen der raumakustischen Beratung erfolgt musterhaft die Durchführung von raumakustischen Messungen zur Bestandsaufnahme bzw. Bewertung der vorhandenen Räumlichkeiten als Grundlage für die weiteren Planungen. Die Nachhallzeiten wurden am 20.07.2022 in folgenden Räumen musterhaft erfasst:

Bauteil A:

Aula, Musikraum („M2“), Unterrichtsraum ohne Abhangdecke („A27“), Unterrichtsraum mit Abhangdecke („A28“ und „A24“), Flurbereich ohne Abhangdecke (1.OG Bauteil A)

Bauteil B:

Unterrichtsraum mit Abhangdecke (Kunstraum UG Bauteil B und „ÜMI-Speisesaal und Gruppenraum“), Flurbereich (1.OG Bauteil B)

Unabhängig von der Bestandssituation werden in der DIN 18041 in Abhängigkeit der Nutzung unter anderem für Räume in Schulen Anforderungen bzw. Empfehlungen an die Nachhallzeiten aufgezeigt. Im Rahmen der geplanten Sanierungen sind ggf. folgende Nutzungen in Augenschein zu nehmen:

- Verkehrsflächen in Schulen
- Speiseräume und Kantinen in Schulen
- Bewegungsräume
- Spielfläure und Umkleiden in Schulen
- Musikräume mit aktivem Gesang
- Musikprobenräume, die Schulaula
- Unterrichts-, Gruppen- und Differenzierungsräume

Anmerkung: In der Aula wurden neben Nachhall auch Sprachverständlichkeitsmessungen durchgeführt. Das Bauteil C und die Sporthalle werden hier vorerst nicht weiter betrachtet.

2 Beauftragung

Am 08.04.2022 wurde die DEKRA Automobil GmbH von der Bröckling Vullhorst Ingenieure GmbH aus 33161 Hövelhof mit der Durchführung der vorliegenden, raumakustischen Untersuchung beauftragt.

3 Beurteilungsgrundlagen

Der Bearbeitung liegen die folgenden Richtlinien, Vorschriften und projektbezogenen Unterlagen zugrunde:

- [1] DIN 18041 Hörsamkeit in Räumen – Anforderungen, Empfehlungen und Hinweise für die Planung (03/2016)
- [2] DIN EN 12354-6 „Berechnung der akustischen Eigenschaften von Gebäuden aus den Bauteileigenschaften“, Teil 6: „Schallabsorption in Räumen“ (04/2004)
- [3] DIN EN ISO 3382-2 "Akustik – Messung von Parametern der Raumakustik –" Teil 2: Nachhallzeit in gewöhnlichen Räumen (09/2008) mit Berichtigung 1 (09/2009)
- [4] Unterlagen Datenblätter von Herstellern, siehe Anlage 2
- [5] Angaben Plansatz des Architekturbüros architektur-werk-stadt Balhorn Wewer Karhoff Architekten und beratender Ingenieur Partnerschaft mbB aus Paderborn, Planstand Juli 2022

4 Anforderung

4.1 Allgemeines

Die Anforderungen an die Raumakustik sind in der DIN 18041 „Hörsamkeit in Räumen – Anforderungen, Empfehlungen und Hinweise für die Planung“ (03/2016) [1] geregelt. Der zentrale Begriff für die Beurteilung der Raumakustik ist die Nachhallzeit. Sie ist definiert als die Zeit in Sekunden, in der sich der Schallpegel nach Abschalten einer Schallquelle um 60 dB abbaut (reduziert). In der DIN 18041 [1] werden 2 Raumgruppen unterschieden.

- Räume der Gruppe A: Hörsamkeit über mittlere und große Entfernung, z. B. Unterrichts-, Vortrags-, Besprechungs- und Seminarräume (s.a. Anlage 1, Blatt 1 von 2)
- Räume der Gruppe B: Hörsamkeit über geringe Entfernungen, z. B. Restaurants, Büroräume, Foyers, etc. (s.a. Anlage 1, Blatt 2 von 2)

An Räume der Gruppe A werden in Abhängigkeit von der Nutzungsart und des Raumvolumens Anforderungen in Form eines Sollwertes der Nachhallzeit (T_{Soll}) gestellt.

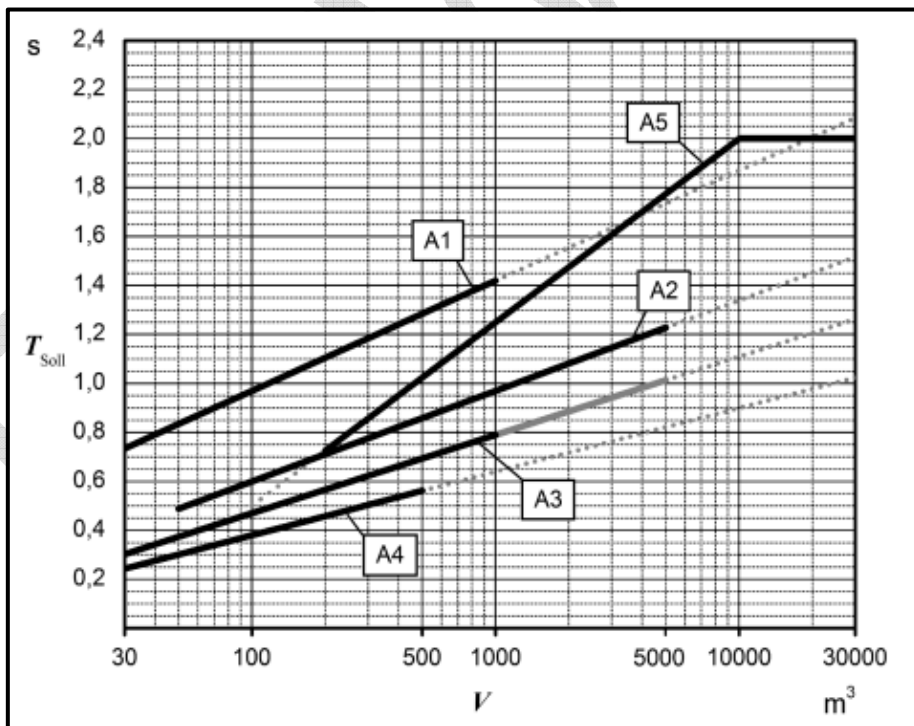


Abbildung 1 - Sollwert T_{Soll} der Nachhallzeit für unterschiedliche Nutzungsarten A1 bis A5 (Auszug Bild 4 aus [1])

Diese Sollwerte sollen bei den Oktavmittenfrequenzen von $f = 125 - 4.000$ Hz unter Berücksichtigung eines Belegungsgrades mit Personen von 80 % bzw. nutzungsüblicher Belegungsgrade in einem vorgegebenen Toleranzbereich eingehalten werden.

An Räume der Gruppe B werden keine konkreten Anforderungen an die Nachhallzeit gestellt. Stattdessen werden Empfehlungen für das Verhältnis der äquivalenten Absorptionsfläche zum Raumvolumen (A/V-Verhältnis) ohne die Berücksichtigung von Personen gestellt. Hierbei wird in Räume mit Höhen von bis zu und über 2,5 m differenziert. Aus diesen Empfehlungen lassen sich Nachhallzeiten¹ ableiten.

4.2 Berücksichtigte Anforderungen und Empfehlungen an die Nachhallzeit

In der folgenden Tabelle 1 werden die Anforderungen bzw. Empfehlungen an die Nachhallzeiten zusammengefasst. Je nach Nutzung werden hier gemäß DIN 18041 verschiedene Einstufungen aufgezeigt.

Tabelle 1 – Anforderungen/Empfehlungen gemäß DIN 18041

Nr.	Raumbezeichnung	Raumgruppe / Nutzungsart gem. DIN 18041	Anforderung/ Empfehlung Nachhallzeit [sec]	Raumnutzung
01	Aula	A1 „Musik“	$T_{\text{Soll}} = 1,54$	Vorwiegend musikalische Darbietungen
		A2 „Sprache/Vortrag“	$T_{\text{Soll}} = 1,07$	Sprachliche Darbietungen stehen im Vordergrund
		A3 „Sprache/Vortrag inklusiv“	$T_{\text{Soll}} = 0,87$	
02	Musikraum	A1 „Musik“	$T_{\text{Soll}} = 1,20$	Vorwiegend musikalische Darbietungen
		A2 „Sprache/Vortrag“	$T_{\text{Soll}} = 0,79$	günstig für musikalische Probenarbeit
03	Unterrichtsräume	A3 „Unterricht/Kommunikation“	$T_{\text{Soll}} = 0,52 - 0,55$	Sprachliche Kommunikation ist mit mehreren (teilweise gleichzeitigen) Sprechern möglich
		A4 „Unterricht/Kommunikation inklusiv“	$T_{\text{Soll}} = 0,42 - 0,45$	
04	Gruppenraum	A3 „Unterricht/Kommunikation“	$T_{\text{Soll}} = 0,65$	Sprachliche Kommunikation

¹ Die Betrachtung erfolgt gemäß DIN 18041 [1] in den Frequenzbereichen von 250 – 2.000 Hz.

Nr.	Raum- bezeichnung	Raumgruppe / Nutzungsart gem. DIN 18041	Anforderung/ Empfehlung Nachhallzeit [sec]	Raumnutzung
		A4 „Unterricht/Kommunikation inklusiv“	$T_{\text{Soll}} = 0,52$	ist mit mehreren (teilweise gleich- zeitigen) Spre- chern möglich
		B5 „Räume mit besonderem Be- darf an Lärminderung und Raumkomfort“	$T_{\text{Empf.}} \leq 0,54$	Bewegungs- räume
05	Flure und Ver- kehrsflächen	B3 „Räume zum längerfristigen Verweilen“	$T_{\text{Empf.}} \leq 0,94$	Verkehrsflächen in Schulen und Kindertagesein- richtungen

Verwendete Abkürzungen:

T_{SOLL} Sollwert der Nachhallzeit gemäß den Anforderungen der DIN 18041

$T_{\text{Empf.}}$ Empfehlung an die Nachhallzeit gemäß DIN 18041

Hinweis: Die Anforderungen der DIN 18041 [1] gehen bei Räumen von einer Belegung mit Personen von 80 % aus. Die Empfehlungen der DIN 18041 [1] sind für einen unbesetzten Raumzustand angegeben.

4.3 Personen mit einem eingeschränkten Hörvermögen bzw. inklusive Nutzungen

Es ist zu beachten, dass gemäß der DIN 18041 [1] für die Kommunikation in einer Sprache, die nicht als Muttersprache gelernt wurde, bei der Kommunikation mit Personen, die Deutsch als Fremdsprache sprechen und bei der Kommunikation mit Personen, die auf andere Weise ein Bedürfnis nach erhöhter Sprachverständlichkeit haben (z. B. Personen mit Sprach- oder Sprachverarbeitungsstörungen, Konzentrations- bzw. Aufmerksamkeitsstörungen und Leistungsschwächen) die raumakustische Situation umso günstiger empfunden wird, je kürzer die Nachhallzeit ist.

Anmerkung: Aus dem Behindertengleichstellungsgesetz, vergleichbaren Landesregelungen und der UN-Konvention über die Rechte von Menschen mit Behinderungen ergibt sich, dass der Öffentlichkeit zugängliche Neubauten inklusiv zu errichten sind, soweit dies nicht nur mit einem unverhältnismäßigen Mehraufwand erfüllt werden kann.

5 Bestandsaufnahme

5.1 Allgemeines

Im Rahmen der Bestandsaufnahme wurden die Nachhallzeiten in musterhaften Räumen durch Messungen vor Ort erfasst. Die Messungen in der Aula und in einem Musikraum erfolgten zur Bestandsaufnahme bzw. als Grundlage zur Einstufung der Ist-Situation. Die bestehenden Klassenräume und Flurbereiche mit und ohne Akustikmaßnahmen im Bestand dienen zur allgemeinen Verdeutlichung zur Notwendigkeit von Pegelminderungsmaßnahmen bzw. Maßnahmen zur Verringerung der Nachhallzeiten.

Anmerkung: Im Rahmen der weiteren Planungen ist es unumgänglich beim bestehenden Nutzer zu hinterfragen, ob die Akustik in den bestehenden Räumlichkeiten verändert oder erhalten werden soll. Sollte eine Veränderung der Akustik gewünscht werden, ist zu hinterfragen welche Nutzung zukünftig im Vordergrund liegen soll.

5.2 Aula

Die Wände und die Decke der Aula sind augenscheinlich schallhart ausgeführt. Es besteht ein Parkettfußboden im Hauptbereich. Der Boden im Bereich der Empore ist mit einem Teppichboden bekleidet. Neben der Bühne sind auch das Stuhllager bzw. ein Teilbereich unterhalb der Empore mit einem Vorhang abtrennbar.



Abbildung 2 - Aula, Blickrichtung auf Bühne (Bauteil A)

Akustisch wirksame Verkleidungen, Reflektoren zur Lenkung des Schalls oder

Streukörper sind nicht zu erkennen. Durch die hohen schmalen Fenster entsteht ein kirchenähnlicher Charakter mit einer dementsprechenden Akustik.



Abbildung 3 - Aula, Blickrichtung auf Orgel (Bauteil A)

Die Sitzfläche der bestehenden Kunststoffstühle ist gepolstert.
Die messtechnisch erfassten Nachhallzeiten werden folgend aufgezeigt und musterhaft mit den Anforderungen der DIN 18041 für eine Schulaula ohne Anspruch an Inklusion („A2“) gegenübergestellt, es werden bis zu 300 sitzende Personen rechnerisch hinzugefügt. Es ergibt sich eine Volumenkenzahl k von ($\approx 1.800 / 300 =$) $6 \text{ m}^3/\text{Person}$, diese liegt für „Sprachdarbietungen“ im Rahmen der Empfehlungen der DIN 18041. Den Planunterlagen ist zu entnehmen, dass auch eine Belegung mit bis zu 490 stehenden Personen denkbar ist.

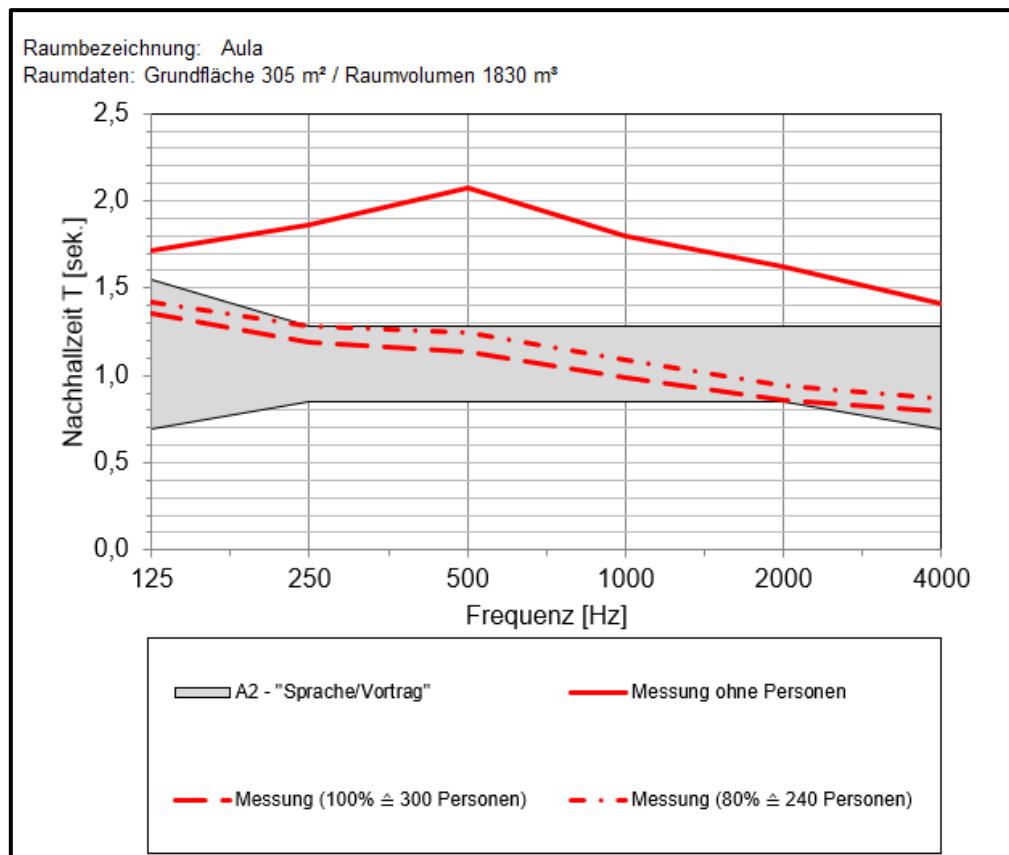


Abbildung 4 - Darstellung Nachhallzeiten und Anforderung A2

Aus der vorhergehenden Darstellung ist zu entnehmen, dass die zu erwartenden Nachhallzeiten beim berücksichtigten Besetzungsgrad innerhalb der Soll-Nachhallzeiten für Sprachdarbietungen ohne Anspruch an Inklusion liegt. Besetzungsgrade über 400 Personen sollten auch für Sprachdarbietungen vermieden werden.

Es ist weiterhin zu erkennen, dass geringere Besetzungsgrade zu einer Verlängerung der Nachhallzeiten und somit Verschlechterung der Situation für Sprachdarbietungen führt.

Beim Fokus auf Sprachdarbietungen wären gepolsterte Stühle zur Kompensation von geringeren Besetzungsgraden denkbar. Somit ergibt sich eine annähernd fixe Bestuhlung für den Raum. Weiterhin wären die akustische Aktivierung der Rückwand zur Verringerung von rückwärtigen Reflexionen und eine Minderung der Nachhallzeiten durch zusätzliche absorbierende Fläche möglich.

Im gegebenen Fall besteht die Vermutung dass der Fokus auch oder vorrangig auf Musikdarbietungen (aktives Musizieren ohne elektroakustische Verstärkung) liegt. Für

„klassische“ Musikdarbietungen im Sinne der DIN 18041 sollte die Besucherzahl für optimale akustische Bedingungen bei ca. 150 Personen liegen und die Nachhallzeiten sollten keinesfalls verringert werden (s.u.).

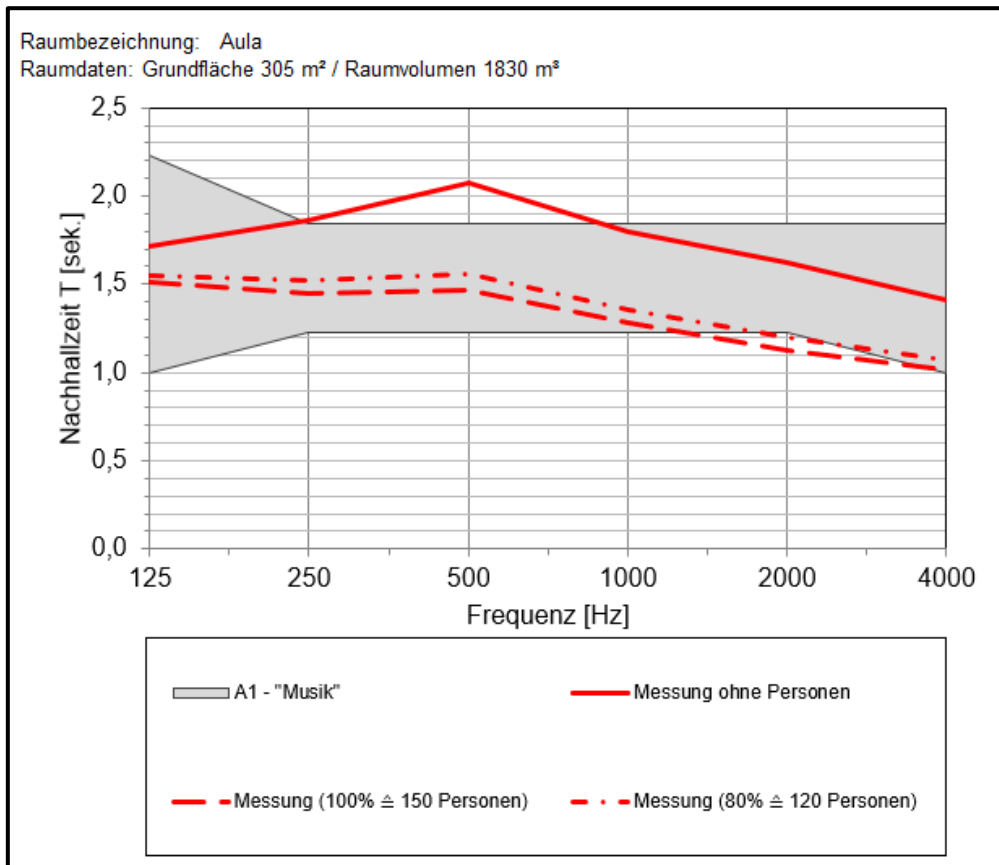


Abbildung 5 - Darstellung Nachhallzeiten und Anforderung A1

Aus der vorhergehenden Darstellung ist zu entnehmen, dass die Anforderungen für eine Musikknutzung bereichsweise unterschritten werden. Im Idealfall wäre eine noch längere Nachhallzeit für eine Musikknutzung sinnvoll und für eine Sprachnutzung eher von Nachteil.

Anmerkung: Es sollte mit dem Nutzer abgestimmt werden, wie die Akustik im Bestand wahr genommen wird und ob diese verändert werden soll.

5.3 Musikraum („M2“)

Der betrachtete Musikraum weist einen Teppichboden und mehrere ähnlich einem Deckensegel angeordnete Flächen aus gelochtem Gipskarton (Streulochung) an der

Decke auf. Die eigentlichen Deckensegel weisen eine Konstruktionsstärke von ca. 5 – 10 cm auf und sind jeweils an einer Verkastung aus geschlossenem Gipskarton oder Holz mit einem Deckenabstand von ca. 50 cm befestigt.

Die Anordnung der aufgefundenen Bestuhlung entspricht der eines Unterrichtsraumes mit Frontalunterricht.



Abbildung 6 - Musikraum, Blickrichtung auf Tafel (Bauteil A)

Die messtechnisch erfassten Nachhallzeiten werden folgend aufgezeigt und mit den Anforderungen der DIN 18041 für einen Musikprobenraum (A2) gegenübergestellt, es werden bis zu 30 sitzende Personen rechnerisch hinzugefügt. Die vorhandenen Jalousien wurden entsprechend dem Bestand als geschlossen erfasst und musterhaft für ergänzende Messungen geöffnet. Die vorhandenen Jalousien hatten keinen relevanten Einfluss auf die Nachhallzeiten.

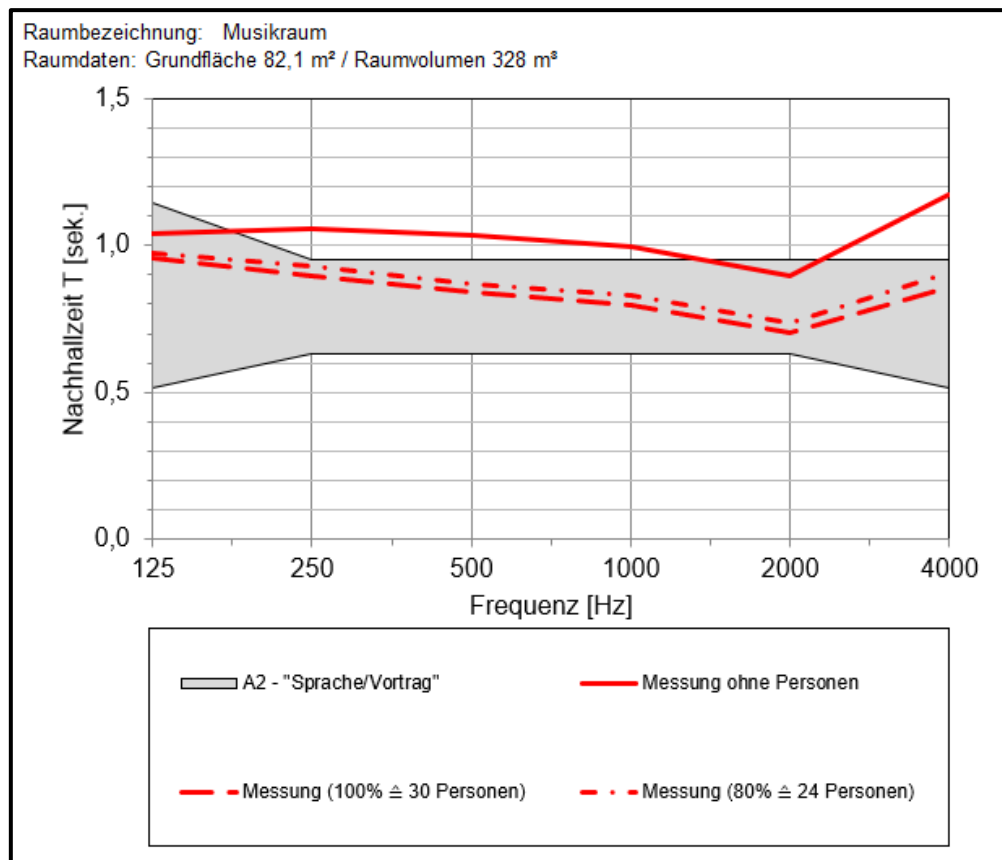


Abbildung 7 - Darstellung Nachhallzeiten und Anforderung A2

Aus der vorhergehenden Darstellung ist zu entnehmen, dass die vorhandenen Nachhallzeiten innerhalb des Anforderungsbereichs für einen Musikprobenraum liegen.

Anmerkung: Es sollte mit dem Nutzer abgestimmt werden, wie die Akustik im Bestand wahr genommen wird und ob diese verändert werden soll.

5.4 Unterrichtsräume

Im Rahmen der Bestandsaufnahme wurden in den Bauteilen A und B in verschiedenen Unterrichtsräumen die Nachhallzeiten erfasst, einerseits um die Bestandssituation zu bewerten und andererseits, um die Ergebnisse und ggf. zusätzliche Maßnahmen für die Projektbeteiligten nachvollziehbarer zu gestalten. Zum Vergleich mit den Anforderungen der DIN 18041 werden rechnerisch bis zu 30 sitzende Personen berücksichtigt.

Im Bauteil A bestehen Unterrichtsräume mit schallharten Böden, Wänden und Decken, ohne relevante Akustikmaßnahmen mit langen Nachhallzeiten.

Im Bauteil A und B bestehen verschiedene Räume mit einer abgehängten Unterdecke aus gelochtem Gipskarton oder mit Rasterdecken.

Unterrichtsraum A27



Abbildung 8 - Unterrichtsraum A27, ohne Unterdecke (Bauteil A)

Die messtechnisch erfassten Nachhallzeiten in einem musterhaften Unterrichtsraum ohne Akustikmaßnahmen werden folgend aufgezeigt und mit den Anforderungen der DIN 18041 für einen Unterrichtsraum ohne Anspruch an Inklusion gegenübergestellt, es werden bis zu 30 sitzende Personen rechnerisch hinzugefügt. In einer rechnerischen Variante 1 wird beispielhaft die zusätzliche Berücksichtigung einer hochabsorbierenden Rasterdecke (s. Anlage 2) musterhaft aufgezeigt (80 % der Deckenfläche sind mit der in Anlage 2 aufgezeigten Rasterdecke akustisch wirksam belegt).

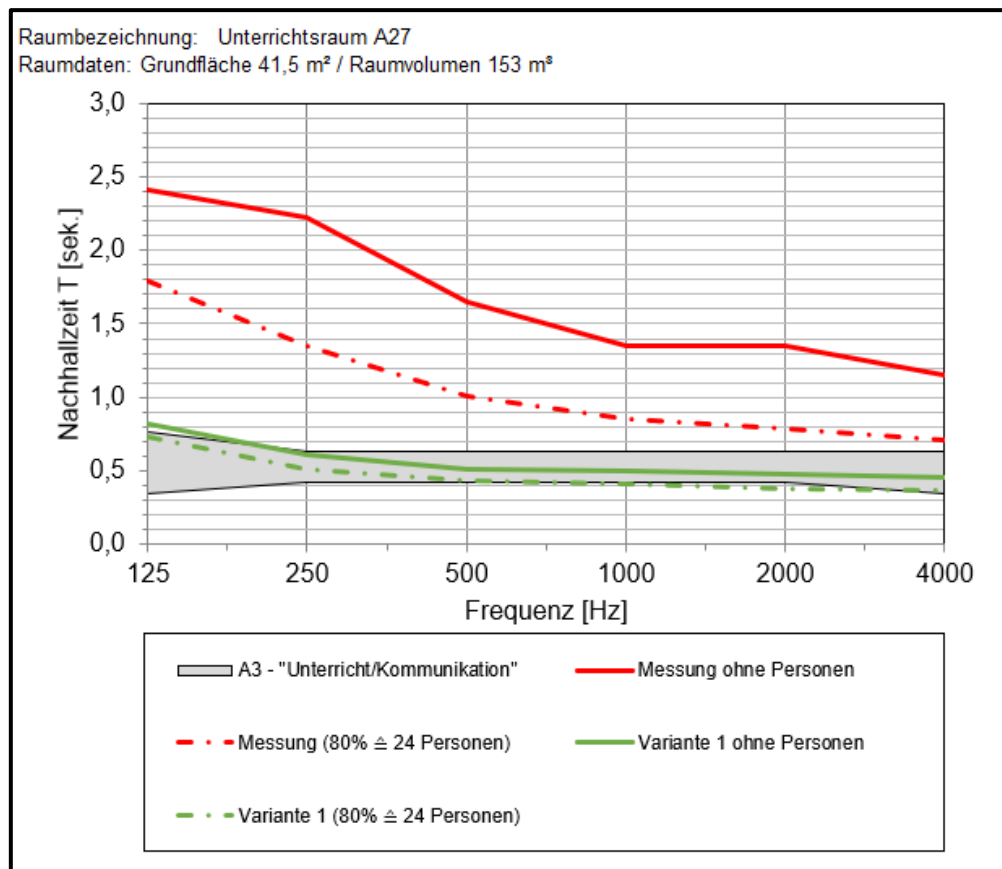


Abbildung 9 - Darstellung Nachhallzeiten und Anforderung A3

Aus der vorhergehenden Darstellung ist zu entnehmen, dass unter Berücksichtigung der musterhaft betrachteten Variante 1 die Nachhallzeiten erheblich verringert werden und die Anforderungen an einen Unterrichtsraum ohne Anspruch an Inklusion, können eingehalten werden.

Unterrichtsraum A28

Die messtechnisch erfassten Nachhallzeiten in einem musterhaften Unterrichtsraum mit einer Elementdecke aus gelochtem Gipskarton werden folgend aufgezeigt und mit den Anforderungen der DIN 18041 für einen Unterrichtsraum ohne Anspruch an Inklusion gegenübergestellt, es werden bis zu 30 sitzende Personen rechnerisch hinzugefügt.



Abbildung 10 - Unterrichtsraum A28, mit Elementdecke aus gelochtem Gipskarton (Bau- teil A)

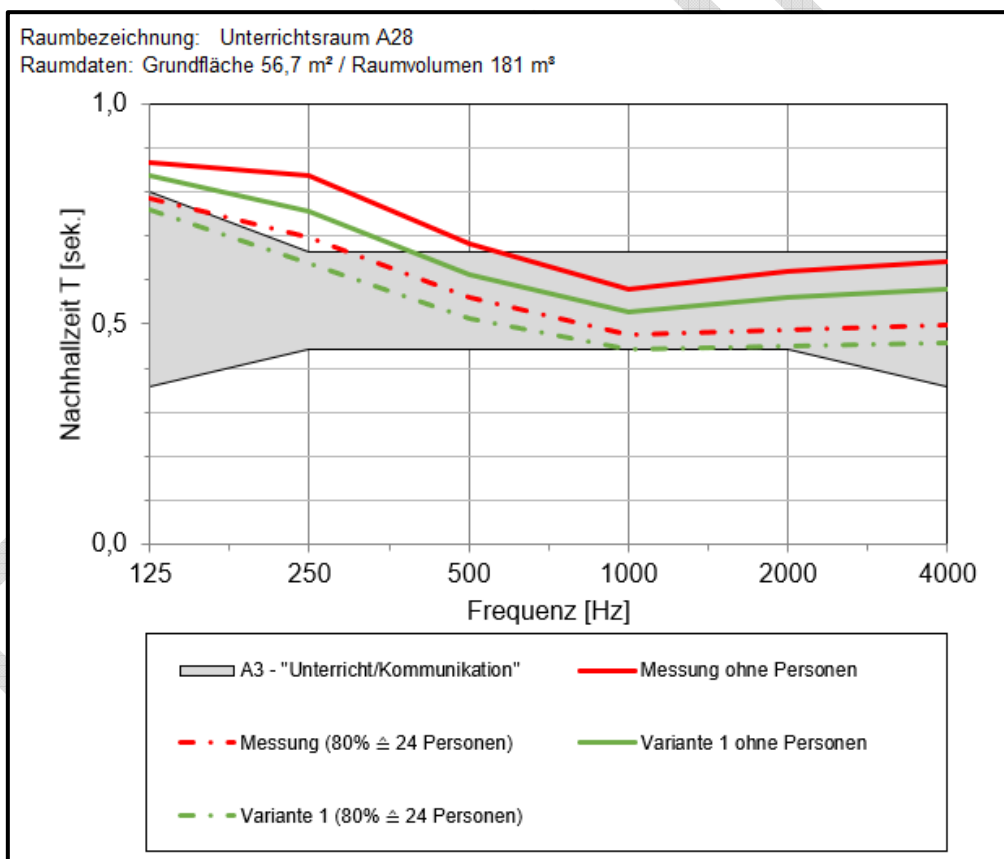


Abbildung 11 - Darstellung Nachhallzeiten und Anforderung A3

Aus der vorhergehenden Darstellung ist zu entnehmen, dass die Anforderungen im Bestand „knapp“ überschritten und somit im Detail nicht eingehalten werden (s. rote Linie).

Bei der Variante 1 werden zusätzlich 5 m² Wandabsorber (s. Anlage 2) berücksichtigt.

Unterrichtsraum A24

Die messtechnisch erfassten Nachhallzeiten in einem musterhaften Unterrichtsraum mit einer akustisch wirksamen Rasterdecke (Hersteller unbekannt) werden folgend aufgezeigt und mit den Anforderungen der DIN 18041 für einen Unterrichtsraum ohne Anspruch an Inklusion gegenübergestellt, es werden bis zu 30 sitzende Personen rechnerisch hinzugefügt.



Abbildung 12 - Unterrichtsraum A24, mit Rasterdecke (Bauteil A)

Aus der folgenden Darstellung ist zu entnehmen, dass die Anforderungen im Bestand (s. rote Linie) im tieffrequenten Bereich bei ≤ 125 Hz überschritten werden. Es ist nicht unüblich dass Überschreitungen im tieffrequenten Bereich nicht direkt als störend empfunden werden, zur Einhaltung der Anforderungen wurden rechnerisch bei Umsetzung der Variante 1 ca. 9 m² Plattenresonator (s. Anlage 3) berücksichtigt.

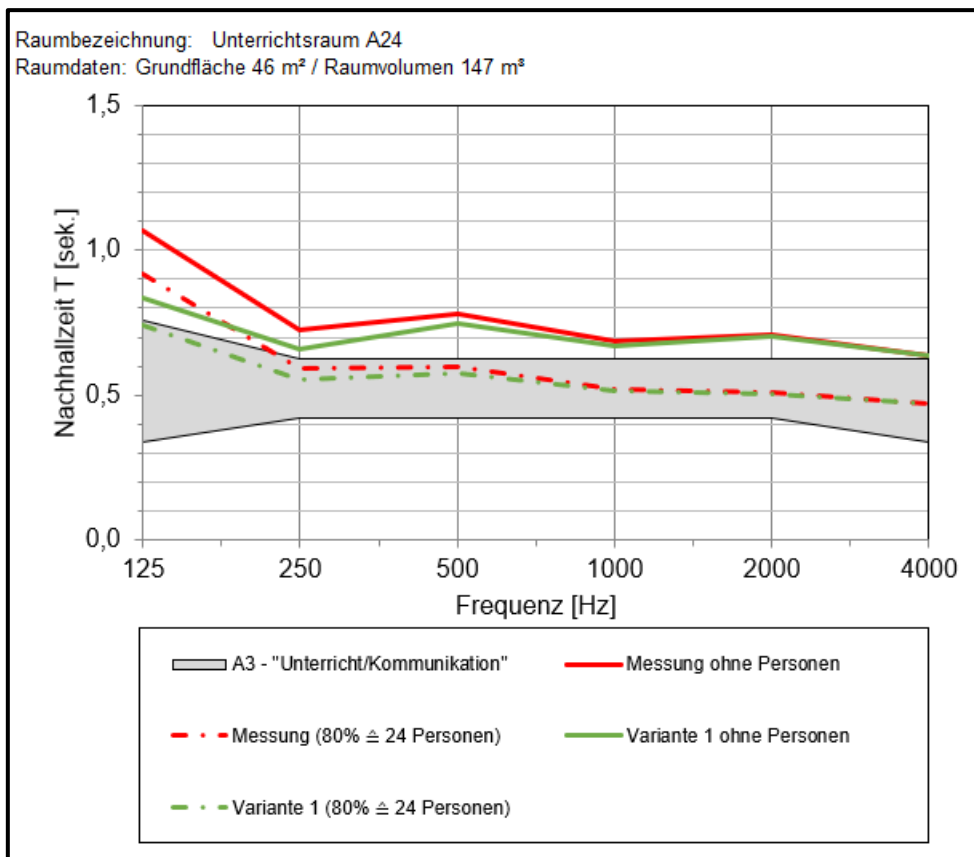


Abbildung 13 - Darstellung Nachhallzeiten und Anforderung A3

Kunstraum im UG

Der erfasste Kunstraum im UG weist augenscheinliche die Gleiche Deckenkonstruktion wie der Unterrichtsraum A28 (s.o.) auf.



Abbildung 14 – Kunstraum im UG, mit Elementdecke aus gelochtem Gipskarton (Bauteil

B)

Im Vergleich zum zuvor betrachteten Unterrichtsraum weist der Kunstraum eine erheblich geringere Raumhöhe und somit bei gleicher Deckenkonstruktion und vergleichbarer Grundfläche eine geringe Nachhallzeit auf. Weiterhin ist der bestehende Kunstraum am Messtermin möbliert und der vergleichbare Unterrichtsraum war leer.

Die erfassten Nachhallzeiten werden folgend aufgeführt und den Anforderungen für einen Unterrichtsraum ohne Anspruch an Inklusion gegenübergestellt.

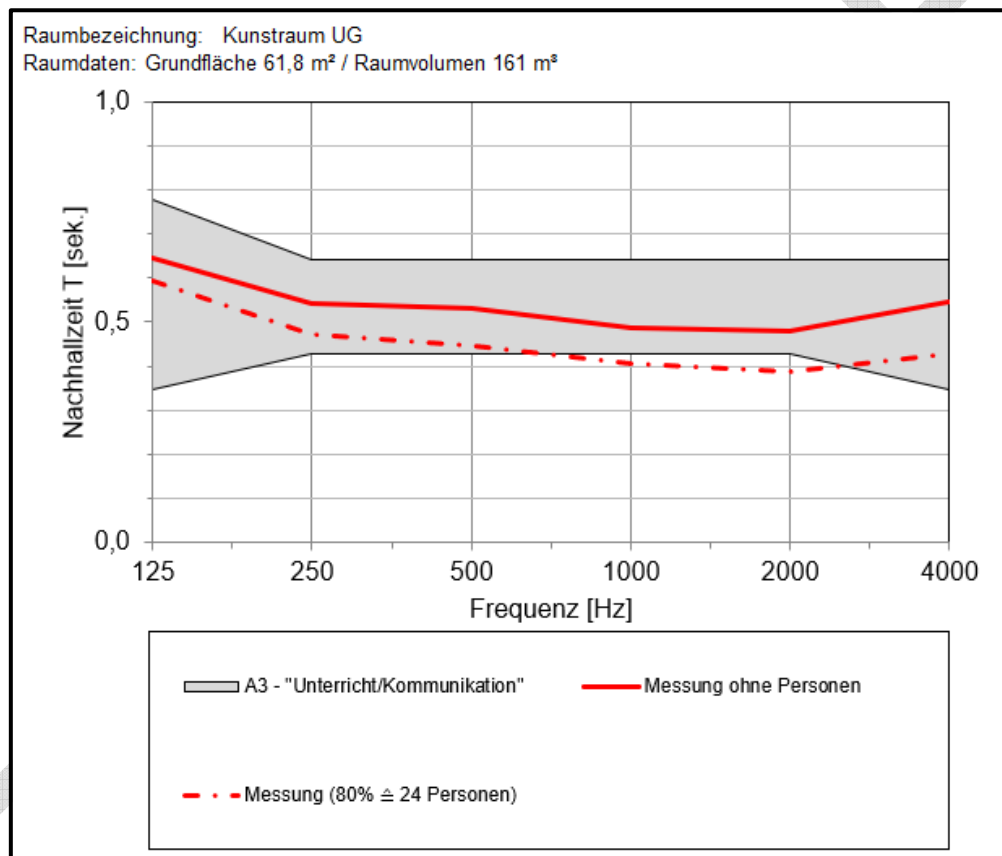


Abbildung 15 - Darstellung Nachhallzeiten und Anforderung A3

Aus der vorhergehenden Darstellung ist zu entnehmen, dass die erfassten Nachhallzeiten zum Teil unterhalb der Anforderungen liegen. Bei Räumen mit einem Volumen ≤ 250 m³ ist eine Überdämpfung nicht zu erwarten, daher kann die Unterschreitung der Anforderungen vernachlässigt werden.

5.5 Gruppenraum

Beim betrachteten Gruppenraum handelt es sich um ein verhältnismäßig flachen und langen Raum. Augenscheinlich ist eine „klassische“ Unterrichtsnutzung in dem Raum nicht vorgesehen. Die Deckenkonstruktionen variieren (gelochter/glatte Gipskarton und verschiedene Rasterdecken) und aufgrund der Möblierung besteht die Vermutung, dass nicht die Sprachkommunikation sondern eher die Pegelminderung, ähnlich einem Bewegungsraum, im Vordergrund steht.

Die messtechnisch erfassten Nachhallzeiten werden folgend aufgezeigt und mit den Anforderungen der DIN 18041 für einen Gruppenraum (A3) und die Empfehlungen an einen Bewegungsraum (B5) gegenübergestellt, es werden bis zu 30 sitzende Personen rechnerisch hinzugefügt.

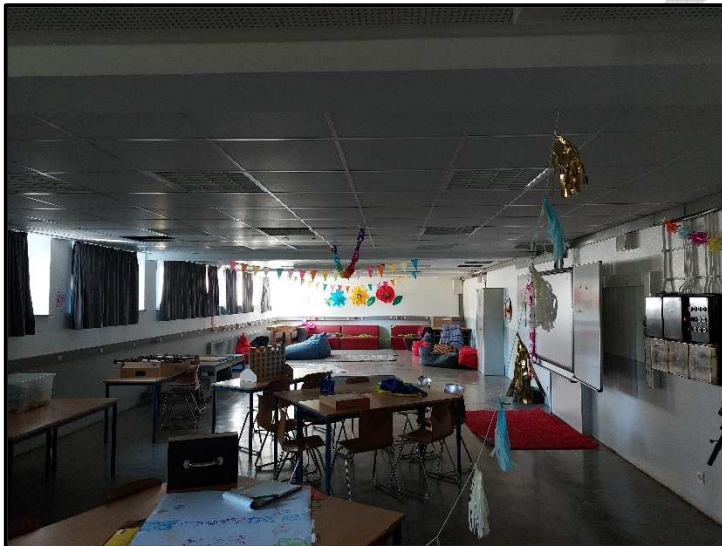


Abbildung 16 – ÜMI-Speisesaal und Gruppenraum (Bauteil B)

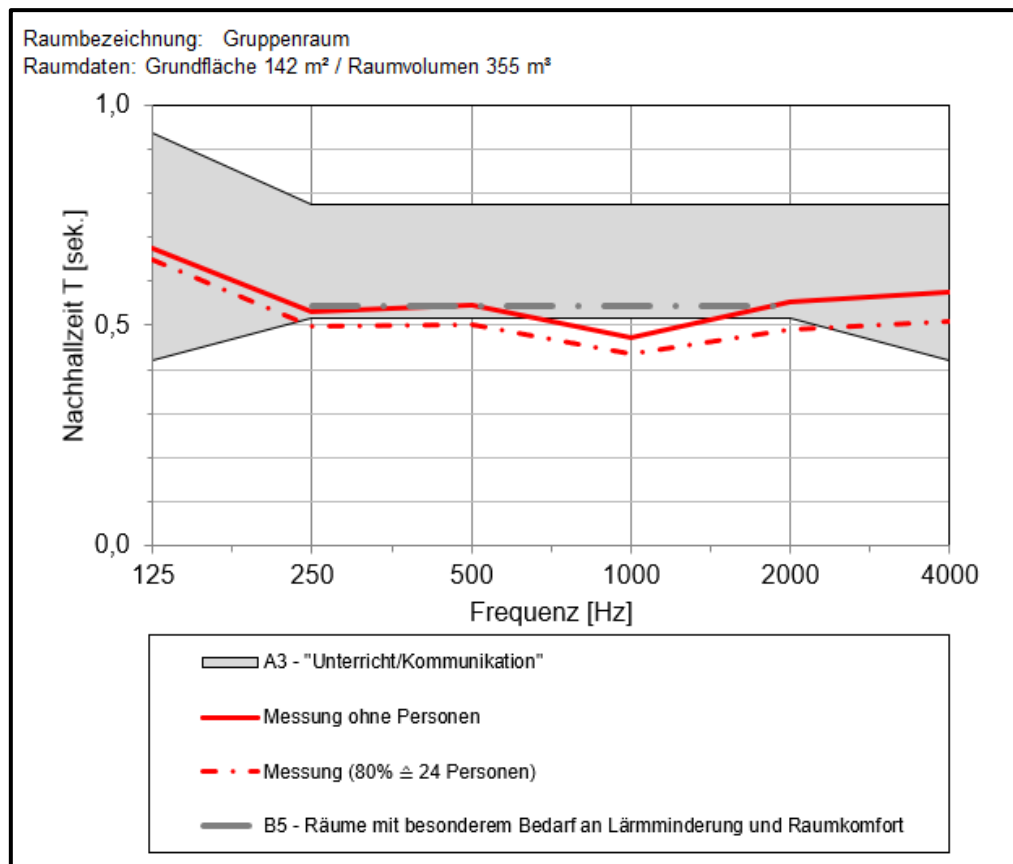


Abbildung 17 - Darstellung Nachhallzeiten und Anforderung A3 und Empfehlung B5

Aus der vorhergehenden Darstellung ist zu entnehmen, dass die Empfehlungen für einen Bewegungsraum knapp unterschritten werden. Die Anforderungen an einen Unterrichtsraum ohne Anspruch an Inklusion sind aufgrund der flachen und langen Bauweise des Raumes zu vernachlässigen, da der Raum eher nicht für eine „klassische“ Unterrichtsnutzung geeignet ist.

5.6 Flure und Verkehrsflächen

Die Flure und Verkehrsflächen sind im Bauteil A größtenteils schallhart ausgeführt. Im Bauteil B bestehen bereichsweise Flure mit einer Elementdecke aus gelochtem Gipskarton oder Lamellendecken.

Musterhaft wurde im Bestand ein Flur im Bauteil A messtechnisch erfasst. Die erfassten Nachhallzeiten werden folgend aufgeführt und den Empfehlungen für Verkehrsflächen in Schulen (B3) gegenübergestellt. Die musterhafte Variante 1 zeigt die zu erwartenden Nachhallzeiten mit Berücksichtigung eines direkt montierten Akustiksystems an der Decke (80 % der Deckenfläche sind mit dem in Anlage 2 aufgezeigten direkt

montierbaren Akustiksystem akustisch wirksam belegt).

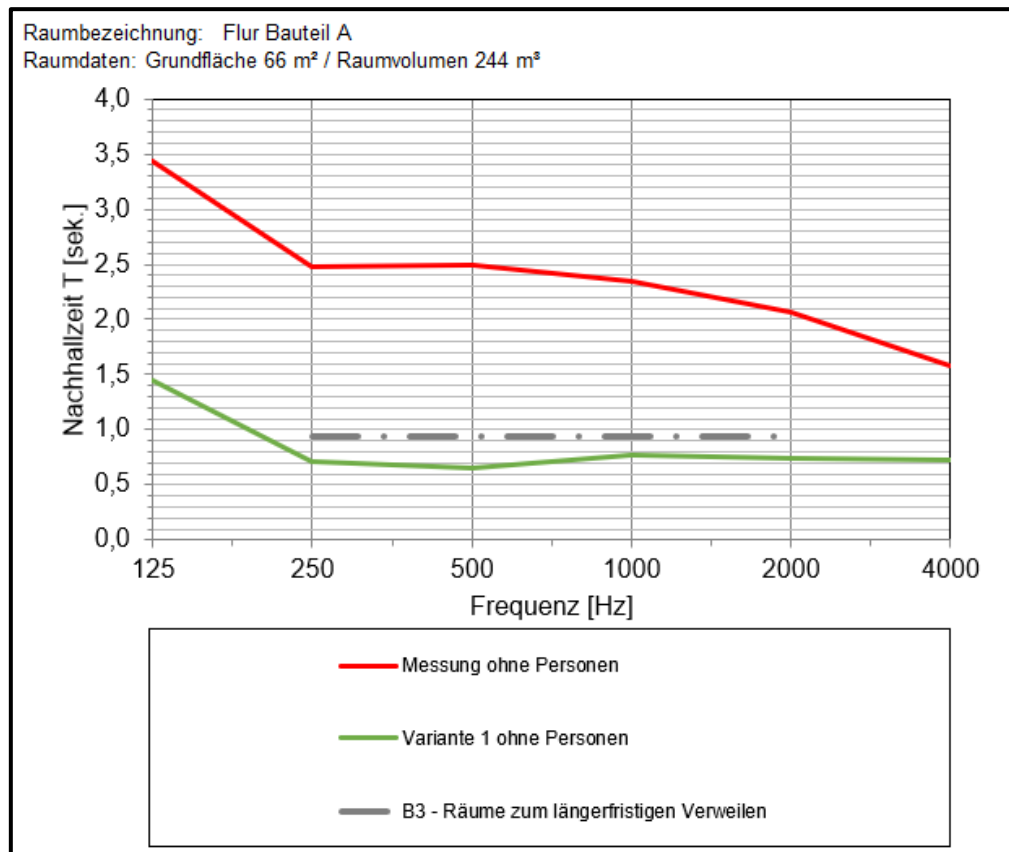


Abbildung 18 - Darstellung Nachhallzeiten und Empfehlung B3

Aus der vorhergehenden Darstellung ist zu entnehmen, dass mit Berücksichtigung einer zusätzlichen Deckenbekleidung die Empfehlungen an Verkehrsflächen in Schulen unterschritten und somit eingehalten werden können.

Folgend werden die erfassten Nachhallzeiten in einem Bestandsflur mit Lamellendecke aufgezeigt.

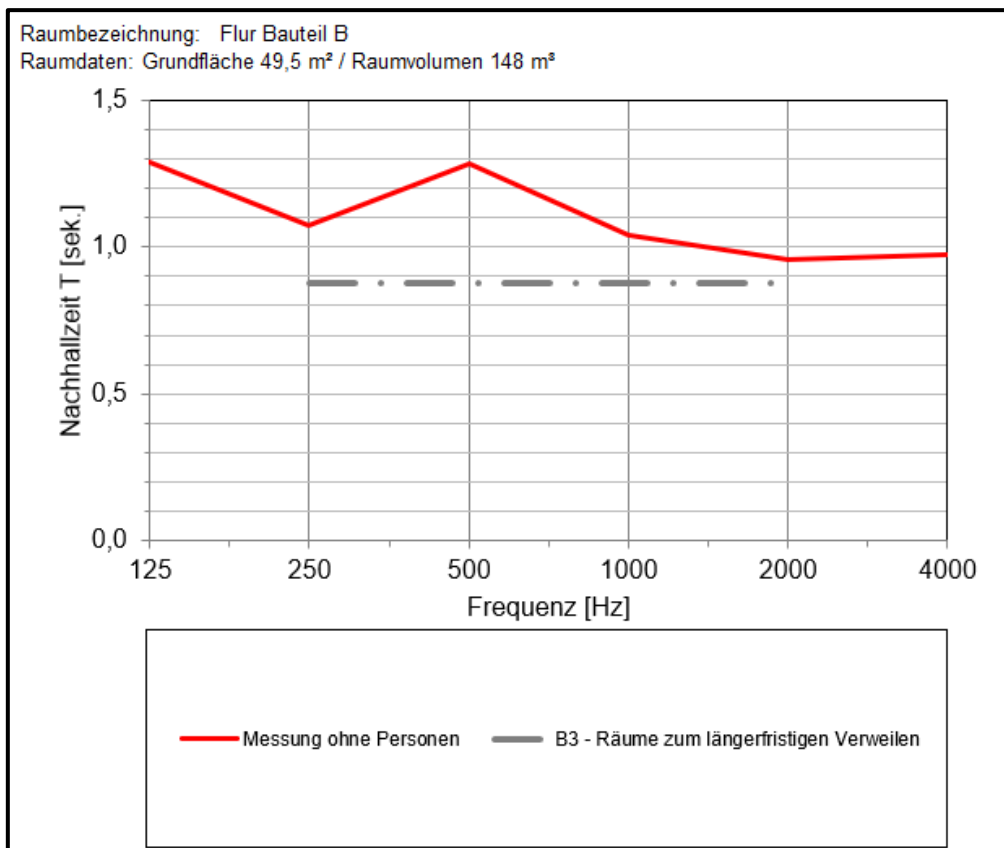


Abbildung 19 - Darstellung Nachhallzeiten und Empfehlung B3

Aus der vorhergehenden Darstellung ist zu entnehmen, dass im Vergleich zum schallharten Flur erheblich geringere Nachhallzeiten vorliegen und dass die Empfehlungen an Verkehrsflächen in Schulen nicht eingehalten werden. Der Flur ist zu hallig. Zur Senkung der Nachhallzeiten sind zusätzliche Maßnahmen zum Beispiel im oberen Bereich der Flurwände denkbar.

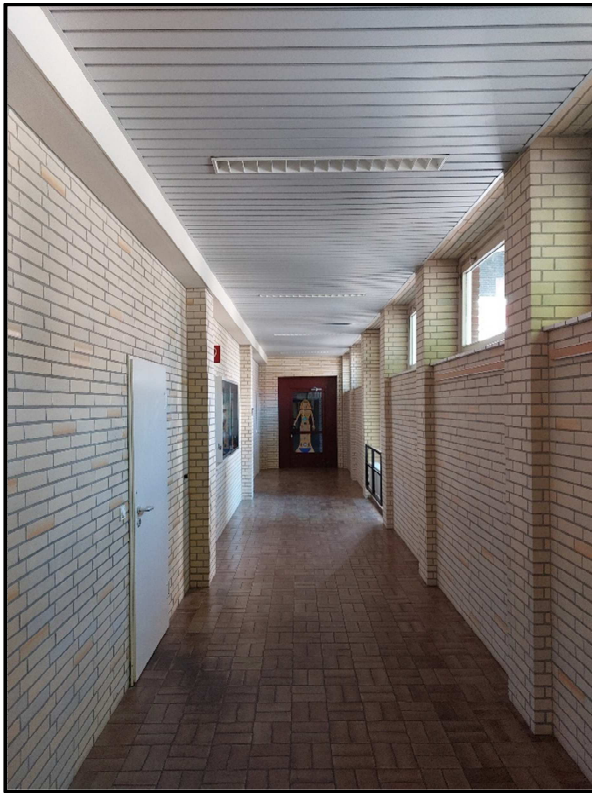


Abbildung 20 – Flure mit Lamellendecke (Bauteil B)

6 Detaillösungen und sonstige Hinweise

6.1 Materialien

Die hier zum Teil berücksichtigten zusätzlichen Akustikmaterialien sind der Anlage 2 zu entnehmen. Die rechnerische Berücksichtigung erfolgt rein musterhaft, eine Abstimmung zur Umsetzbarkeit, etc. erfolgte bisher nicht.

Im Rahmen der weiteren Planungen ist zu beachten, dass insbesondere die Akustiksysteme für Decken (Rasterdecken, gelochter Gipskarton, etc.) üblicherweise mit einer Abhanghöhe von 200 mm geprüft wurden und für diese Abhanghöhe liegen üblicherweise Prüfzeugnisse vor. Die Abhanghöhen lassen sich nicht ohne weiteres umrechnen. Bei den akustisch wirksamen Materialien ist zu beachten, dass es sich um geprüfte Systemprodukte handelt, ein Systemmix ist zu vermeiden.

Neben den musterhaft berücksichtigten Systemen ist eine Vielzahl von vergleichbaren Systemen denkbar.

6.2 Anordnung im Raum

In Unterrichts-, Besprechungs- oder vergleichbaren Räumen (hier: Unterrichtsräume) können von der Rückwand (gegenüber dem Sprecher) direkte oder über Winkelspiegelreflexionen langverzögert Schallanteile in den vorderen Raumbereich gelenkt werden, die zu einer Minderung der Sprachverständlichkeit führen können. Zur Minderung dieses Effektes ist im Allgemeinen z.B. die Montage einer schallabsorbierenden Bekleidung der Rückwand (z. B. Wandabsorber oder Pinnwand² aus Kork oder eine schallstreuende Strukturierung der Oberfläche (z. B. Aufstellen eines Bücherregals) zu empfehlen.

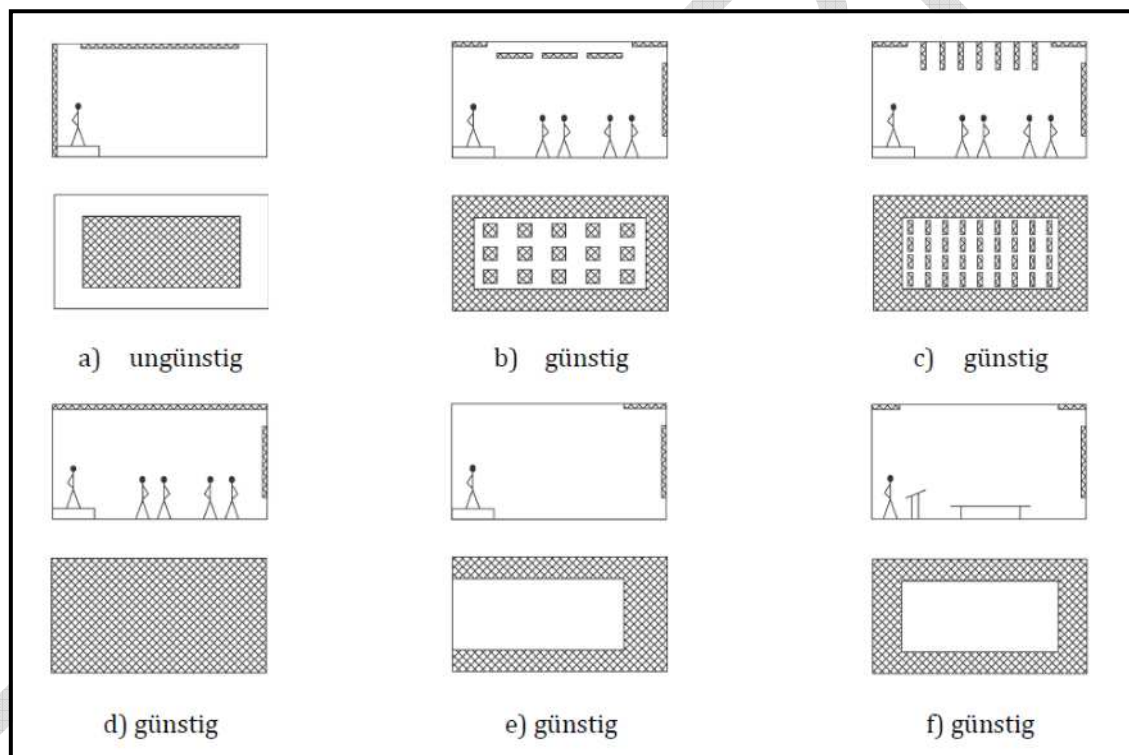


Abbildung 21 - Auszug Bild 4 aus [1]

6.3 Anmerkungen zu Überschreitungen im tieffrequenten Bereich

Im Allgemeinen kommen Tiefenabsorber z. B. in Form von Platten- (s. Anlage 3, Blatt 1) oder Helmholtzresonatoren (Anlage 3, Blatt 2) in Frage. Aufgrund von Erfahrungswerten ist ggf. in Erwägung zu ziehen, dass die Tiefenabsorber, soweit rechnerisch erforderlich, erst im zweiten Schritt eingebaut werden und vorerst der subjektive

² Bei Pinnwänden ist zu beachten, dass mit einer Erhöhung des Belegungsgrads mit Blättern das Absorptionsvermögen verringert wird.

Eindruck der Nutzer nach Einbau der übrigen Einrichtungen und Absorber erfragt wird.

6.4 Anmerkungen zu Wandabsorbern

Bei der Anbringung von Wandabsorbern an Außenwänden wird eine zusätzliche Überprüfung des Feuchteschutzes der Wand empfohlen, weil die beinhalteten Dämmstoffe als Innendämmung wirken können und zu einer Verschiebung des Taupunktes führen können.

Es ist nicht auszuschließen, dass die Nachhallzeiten im mittel- bis hochfrequenten Bereich durch Raumausstattungen (z. B. Polster, Vorhänge, raue Oberflächen, etc.) zusätzlich gesenkt werden.

Dies kann dazu führen, dass ggf. soweit erforderlich weniger Wandabsorber eingebaut werden müssen. Daher kann es sinnvoll sein, dass die Nachhallzeiten vor Einbau der Wandabsorber gemessen werden und dass sich ggf. durch die Berücksichtigung der Einrichtungen geringere erforderliche Flächen für Absorber ergeben.

Bei der Anbringung von Wandabsorbern in Greifhöhe kann es sinnvoll sein, dass diese aus robusteren Materialien vorgesehen werden, alternativ sollten die Absorber außerhalb der Erreichbarkeit der Nutzer montiert werden.

7 Schlusswort

Im Rahmen der raumakustischen Beratung erfolgte im ersten Schritt die Bestandsaufnahme und der Vergleich mit den Anforderungen/Empfehlungen der DIN 18041

Eine auszugsweise Vervielfältigung des Berichts darf nur nach schriftlicher Genehmigung der DEKRA Automobil GmbH erfolgen.

Bielefeld, 22.07.2022

DEKRA Automobil GmbH
Industrie, Bau und Immobilien

Sachverständiger

Projektleiter

Dipl.-Geogr. Oliver Winter

Dipl.-Ing. (FH) Daniel Möller

Dieser Bericht wurde vom Projektleiter fachinhaltlich autorisiert und ist ohne Unterschrift gültig.

Bericht- Nr.: 21486/A26694/553614410-B01

Anlage
zum Bericht 553614410-B01 vom 22.07.2022

ENTWURF

Tabelle 1 aus [1] – Beschreibung der Nutzungsarten der Räume der Gruppe A

Nutzungsart	Kurzbezeichnung und Beschreibung der Nutzungsart	Subjektive Wahrnehmung	Beispiele
A1	Kurzbezeichnung: „Musik“ Vorwiegend musikalische Darbietungen	Gute Hörsamkeit für unverstärkte Musik. Sprachliche Darbietungen sind nur mit gewissen Einschränkungen der Sprachverständlichkeit möglich.	Musikraum mit aktivem Musizieren und Gesang
A2	Kurzbezeichnung: „Sprache/Vortrag“ Sprachliche Darbietungen stehen im Vordergrund, in der Regel von einer (frontalen) Position. Gleichzeitige Kommunikation zwischen mehreren Personen an verschiedenen Stellen im Raum wird selten durchgeführt.	Sprachliche Darbietungen einzelner Sprecher erzielen eine hohe Sprachverständlichkeit. Musikalische Darbietungen werden in der Regel als zu transparent und klar empfunden, jedoch günstig für musikalische Probenarbeit.	Gerichts- und Ratssaal, Gemeindesaal Hörsaal Versammlungsraum Schulaula
A3	Kurzbezeichnung: „Sprache/Vortrag inklusiv“ Räume der Nutzungsart A2 für Personen, die in besonderer Weise auf gutes Sprachverstehen angewiesen sind Erforderlich für inklusive Nutzung ^a	Sprachliche Darbietungen einzelner Sprecher erzielen eine hohe Sprachverständlichkeit, auch für Personen mit Höreinschränkungen oder bei z. B. fremdsprachlicher Nutzung.	Gerichts- und Ratssaal Gemeindesaal Hörsaal Versammlungsraum Schulaula
	Kurzbezeichnung: „Unterricht/Kommunikation“ Kommunikationsintensive Nutzungen mit mehreren gleichzeitigen Sprechern verteilt im Raum	Sprachliche Kommunikation ist mit mehreren (teilweise gleichzeitigen) Sprechern möglich.	Unterrichtsraum Differenzierungsraum Tagungsraum Besprechungsraum Konferenzraum Seminarraum Gruppenraum in Kindertageseinrichtungen, Pflegeeinrichtungen und Seniorenheimen
A4	Kurzbezeichnung: „Unterricht/Kommunikation inklusiv“ Kommunikationsintensive Nutzungen mit mehreren gleichzeitigen Sprechern verteilt im Raum entsprechend Nutzungsart A3, jedoch für Personen, die in besonderer Weise auf gutes Sprachverstehen angewiesen sind. Für Räume größer als 500 m ³ und für musikalische Nutzungen ist diese Nutzungsart nicht geeignet. Erforderlich für inklusive Nutzung ^a	Sprachliche Kommunikation ist mit mehreren (teilweise gleichzeitigen) Sprechern möglich, auch für Personen mit Höreinschränkungen oder bei z. B. fremdsprachlicher Nutzung.	Unterrichtsraum Differenzierungsraum Tagungsraum Besprechungsraum Konferenzraum Seminarraum Gruppenraum in Kindertageseinrichtungen, Pflegeeinrichtungen und Seniorenheimen Video-Konferenzraum
A5	Kurzbezeichnung: „Sport“ In Sport- und Schwimmhallen kommunizieren mehrere Gruppen (auch gleichzeitig) mit unterschiedlichen Inhalten	Sprachliche Kommunikation über kurze Entfernungen ist im Allgemeinen gut möglich.	Sport- und Schwimmhallen für nahezu ausschließliche Nutzung als Sportstätte
^a Aus dem Behindertengleichstellungsgesetz, vergleichbaren Landesregelungen und der UN-Konvention über die Rechte von Menschen mit Behinderungen ergibt sich, dass der Öffentlichkeit zugängliche Neubauten inklusiv zu errichten sind, soweit dies nicht nur mit einem unverhältnismäßigen Mehraufwand erfüllt werden kann. Näheres ist den jeweiligen			

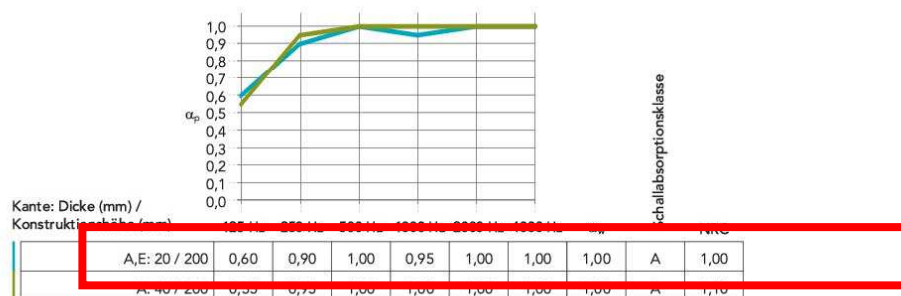
Tabelle 2 aus [1] – Nutzungsarten mit Beschreibung und Beispiele für Räume der Gruppe B

Nutzungsart	Beschreibung	Beispiele
B1	Räume ohne Aufenthaltsqualität	Eingangshallen, Flure, Treppenhäuser u. Ä. als reine Verkehrsfläche (ausgenommen Verkehrsflächen in Schulen, Kindertageseinrichtungen, Krankenhäusern und Pflegeeinrichtungen)
B2	Räume zum kurzfristigen Verweilen	Eingangshallen, Flure, Treppenhäuser u. Ä. Verkehrsflächen mit Aufenthaltsqualität (Empfangsbereich mit Wartezonen etc.), Ausstellungsräume, Schalterhallen, Umkleiden in Sporthallen
B3	Räume zum längerfristigen Verweilen	Ausstellungsräume mit Interaktivität oder erhöhtem Geräuschaufkommen (Multimedia, Klang-/Videokunst etc.), Verkehrsflächen in Schulen und Kindertageseinrichtungen (Kindergarten, Kinderkrippe, Hort etc.), Verkehrsflächen mit Aufenthaltsqualität in Krankenhäusern und Pflegeeinrichtungen (z. B. offene Wartezonen), Patientenwartezimmer, Pausenräume, Bettzimmer, Ruheräume, Operationssäle, Behandlungsräume, Untersuchungsräume, Sprechzimmer, Speiseräume, Kantinen, Labore, Bibliotheken, Verkaufsräume
B4	Räume mit Bedarf an Lärminderung und Raumkomfort	Rezeption/Schalterbereich mit ständigem Arbeitsplatz, Labore mit ständigem Arbeitsplatz, Ausleihbereiche von Bibliotheken, Ausgabebereiche in Kantinen, Bewohnerzimmer in Pflegeeinrichtungen, Bürgerbüro, Büroräume ^{a, b}
B5	Räume mit besonderem Bedarf an Lärminderung und Raumkomfort	Speiseräume und Kantinen in Schulen, Kindertageseinrichtungen (Kindergarten, Kinderkrippe, Hort etc.), Krankenhäusern und Pflegeeinrichtungen, Arbeitsräume mit besonders hohem Geräuschaufkommen (z. B. Werkstätten, Werkräume, Großküchen, Spülküchen), Callcenter, Leitstellen, Sicherheitszentralen, Intensivpflegebereiche, Wachstationen, Bewegungsräume in Kindertageseinrichtungen, Spielflure und Umkleiden in Schulen und Kindertageseinrichtungen (Kindergarten, Kinderkrippe, Hort etc.)
^a Empfehlungen für Büroräume sowie Callcenter werden ausführlich in der Richtlinie VDI 2569 behandelt. ^b Einzelbüros können unter Nutzungsart B3 eingeordnet werden.		



Leistung

 **Schallabsorption**
 α_w : 1,00 (Klasse A)





 **Brandverhalten**
A1

 **Feuerwiderstand**
Tropic A24 bietet in Verbindung mit den Rohbaudeckenarten II und III einen Feuerwiderstand F30 gem. DIN 4102-2. Die Ausführung hat gemäß Prüfzeugnis zu erfolgen, welches auf Anfrage erhältlich ist.

 **Lichtreflexion**
86%

 **Feuchtigkeitsbeständigkeit und Formstabilität**
Bis zu 100% RH.
Keine sichtbare Durchbiegung bei hoher Luftfeuchtigkeit
C/ON

 **Reinigung**
- Staubsauger mit weichem Bürstenaufsatz

 **Hygiene**
Steinwolle bildet keinen Nährboden für gesundheitsschädliche Mikroorganismen.

 **Umwelt**
Vollständig recycelbare Steinwolle
Der Recyclinganteil von Rockfon Produkten liegt gemäß ISO 14021 zwischen 29 % und 64 %.
Rockfon Akustiklösungen sind Cradle to Cradle Certified® Silver und Bronze (je nach Produkttyp).

 **CO2-Fußabdruck**
2.43 - 3.31 kg CO2-Äquivalent
(„von der Wiege bis zum Tor“, auf EPD basierend)

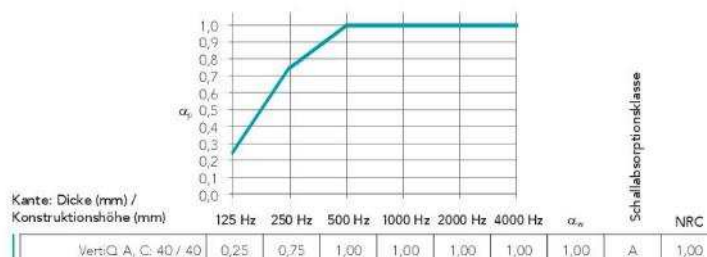
 **Innenklima**
Verschiedene Rockfon Produkte besitzen die finnische Emissionsklassifizierung M1 für Bauprodukte und das Danish Indoor Climate Label für niedrige VOC Emissionen





Leistung


 Schallabsorption
 $\alpha_{0,5}$: 1,00 (Klasse A)



 **Brandverhalten**
A2-s1,d0

 **Lichtreflexion**
Weiß: 72%
Hellgrau: 61%
Grau: 33%
Schwarz: 5%

 **Feuchtigkeitsbeständigkeit und Formstabilität**
Bis zu 100 % RH
VertiQ C Rockfon System VertiQ C Wall kann auch in Schwimmbädern eingesetzt werden. Die Voraussetzung dafür ist, dass keine Kondensatbildung oder Beaufschlagung mit Spritzwasser stattfindet.

 **Reinigung**
- Staubsauger mit weichem Bürstenaufsatz

 **Hygiene**
Steinwolle bildet keinen Nährboden für gesundheitsschädliche Mikroorganismen.

 **Umwelt**
Recyclbar

 **Innenklima**
Verschiedene Rockfon Produkte besitzen die finnische Emissionsklassifizierung M1 für Bauprodukte und das Danish Indoor Climate Label für niedrige VOC Emissionen

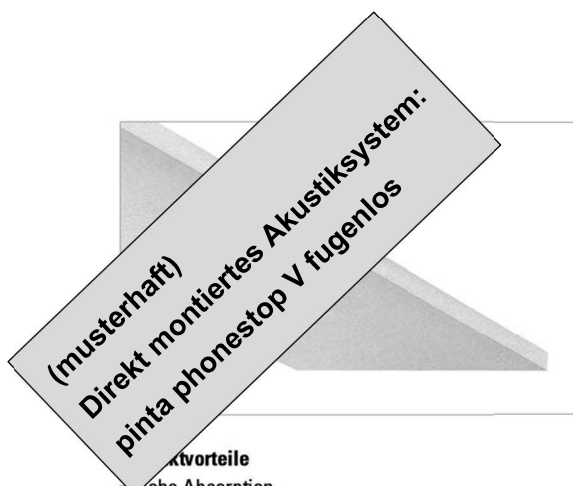
 **Stoßfestigkeit**
Rockfon VertiQ C - System VertiQ C Wall wurde gemäß DIN 18032-3 auf Ballwurfsicherheit getestet und erfüllt die Anforderungen für den Handballwurf (eingeschränkte Ballwurfsicherheit).
Rockfon VertiQ A - System VertiQ HAT A Wall wurde gem. DIN 18032-3 auf Ballwurfsicherheit getestet und erfüllt die Anforderungen für den Handballwurf (eingeschränkte Ballwurfsicherheit).
Bei dem Rockfon System VertiQ HAT A Wall sind die Rockfon VertiQ A - Platten zusätzlich durch die HAT-Profile aus Stahl geschützt und können in Bereichen mit gelegentlicher Stoßbelastung eingesetzt werden. Obwohl die VertiQ Systeme über eine hohe Stoßfestigkeit und Widerstandsfähigkeit verfügen, wird der Einsatz in Bereichen mit dauerhafter Stoßbelastung / Schussbelastung nicht empfohlen.
Die gewebte Oberfläche der Rockfon VertiQ-Platten bietet einen verbesserten Schutz gegenüber Perforation, gemäß NF P 08-301.





pinta phonestop V fugenlos

[3/11]



Vorteile

- hohe Absorption
- fugenlose, großflächige Oberflächengestaltung
- unsichtbare Akustik
- für den Innenbereich an Decke und Wand geeignet
- mechanisch belastbarer Absorber
- bei Neubauten und in der Sanierung einsetzbar
- ohne Unterkonstruktion und Hohlraum zu verkleben
- Verklebmontage auf allen tragfähigen Untergründen möglich
- gute Beständigkeit und mechanische Eigenschaften
- feinporiger Akustikspachtel in vielen Trendfarben

Farben des Akustikspachtels

Standardfarbe: weiß

Sonderfarben: auf Anfrage

Abmessungen der Akustikplatte

625 x 625 x 50 mm

1.250 x 625 x 50 mm

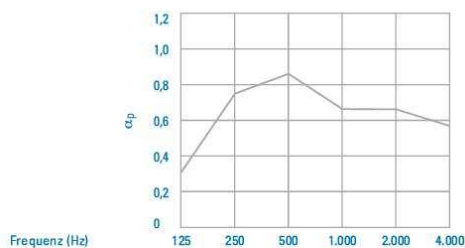
Gesamtaufbau des Akustiksystems

ca. 56 - 60 mm

Typische Einsatzgebiete

Bürogebäude, Schulen, Versammlungsstätten, Treppenhäuser.

Schallabsorptionsgrad α_p pinta phonestop V fugenlos, nach DIN EN ISO 11654



t = 50 mm, verklebt mit Akustikspachtel

α_p	0,30	0,75	0,85	0,65	0,65	0,55
------------	------	------	------	------	------	------

Produktdaten phonestop V fugenlos

Eigenschaft	DIN	Wert
Grundmaterial*		Akustikplatte aus Blähglasgranulat ohne Binder, feinporiger Akustikspachtel
Farbe		Akustikplatte: grau Akustikspachtel nach Farbkarte des Herstellers.
Flächengewicht des Systems bei d = 56 mm		ca. 24 kg/m²
Schallabsorption (mit Akustikspachtel)	EN ISO 1165-4	NRC 0,73 (ASTM C423) α_w 0,65 Klasse C
Eigenschaft pa 82 Akustikplatte		
	DIN	Wert
Rohdichte	EN ISO 845	270 kg/m³ ± 10 %
Druckfestigkeit	DIN 1164	1,2 N/mm² ± 10 %
Biegezugfestigkeit	DIN 1164	0,5 N/mm² ± 10 %
E-Modul (statisch)	DIN 1048-5	760 ± 80 N/mm²
E-Modul (dynamisch)	DIN 1048-5	1.020 ± 50 N/mm²
Wärmeleitfähigkeit λ	DIN 52612	$\lambda_{0,02}$ 0,08 W/mK
Brandverhalten	DIN 4102 Teil 4	A1
Längenspezifischer Strömungswiderstand	DIN EN 29053	10 bis 20 kPa s/m⁴
Wasserdampfdiffusionswiderstand	DIN 52615	25

* Ausgezeichnet mit dem blauen Engel

Stand der Herstellerangaben: 01/15. Technische Änderungen vorbehalten.

>> Kontakt / Anfrage

Eigenbau: Plattenresonator als Sperrholzplatte

Tiefenabsorber in Form von Plattenresonatoren mit schwerpunktmäßiger Bedämpfung des Frequenzbereiches um 125 Hz mit folgendem Aufbau:

- Lattung, $d = 4 \text{ cm}$
- Mineralwollhinterfüllung, $d = 4 \text{ cm}$
- Sperrholzplatte mit einer flächenbezogenen Masse von $m' = 4,0 \text{ kg/m}^2$ (z. B. Sperrholz, Rohdichte 500 kg/m^3 und einer Plattenstärke von $d = 8 \text{ mm}$)

Damit die Platten frei schwingen können, ist der Konstruktionsrahmen auf ein Mindestmaß zu beschränken. Der Abstand der Rahmenteile darf in keiner Richtung $\leq 80 \text{ cm}$ sein.

Die Sperrholzplatten können lackiert oder gestrichen werden. Die Ränder sind jeweils zu schließen, bzw. muss der Abschluss aus dem Konstruktionsrahmen bestehen. Die Verwendung von Gipskartonplatten ist nicht möglich, weil diese ein deutlich zu hohes Flächengewicht aufweisen und somit im gewünschten Frequenzbereich auch bei anderen Wandabständen keine absorbierende Wirkung aufweisen.

Eigenbau: Helmholtzresonator abgestimmt auf 125 Hz

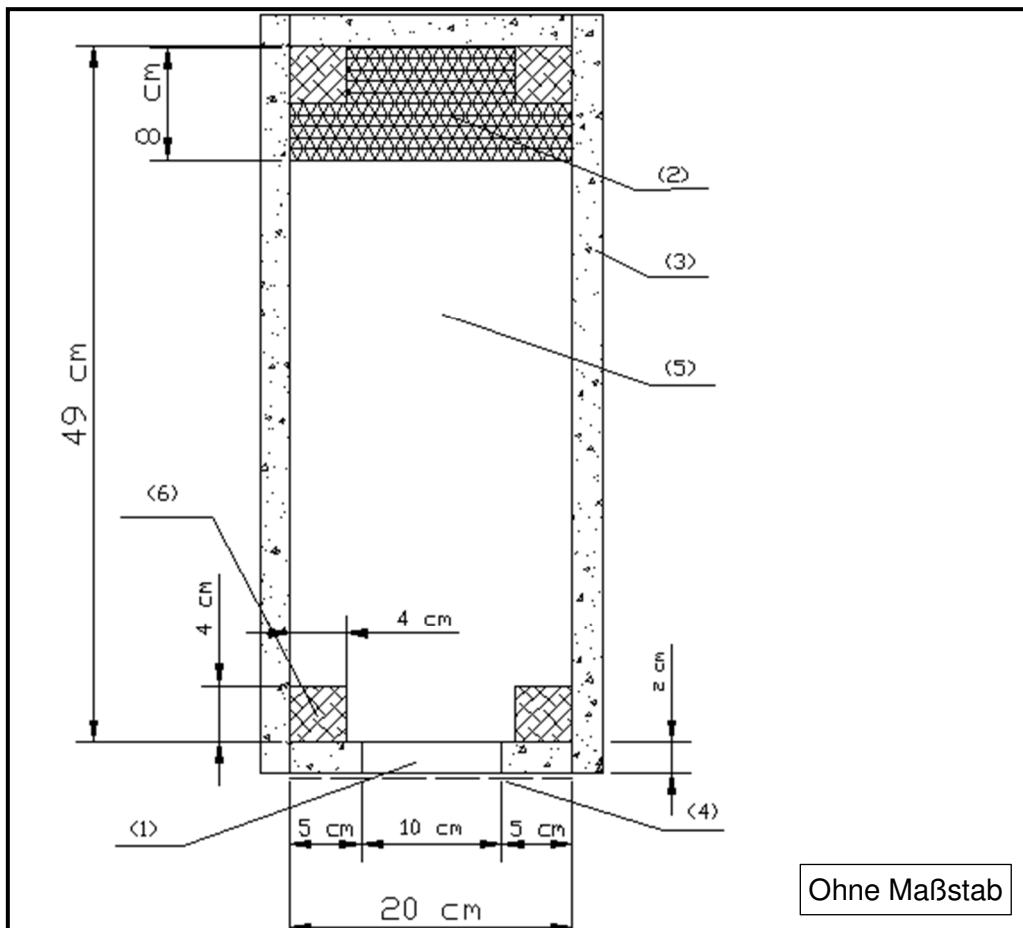


Abbildung - Prinzipskizze Helmholtzresonator abgestimmt auf 125 Hz, Ansicht

Helmholtzresonator 125 Hz, Volumen 91,5 dm³

- (1) MDF-Platte, d = 20 mm (mit rechtwinkligen sauber gearbeiteten Schnittkanten)
- (2) Mineralwolle-Auskleidung im Hohlraum mit Strömungswiderstand von $\approx 11 \text{ kPa} \times \text{s/m}^2$
- (3) Gipskartonplatten oder Spanplatten $\geq 15 \text{ mm}$
- (4) Akustik Vlies mit Strömungswiderstand von $\approx 0,19 \text{ kPa} \times \text{s/m}^2$
- (5) In Vertikalrichtung alle 1m eine Querabschottung
- (6) z. B. Kantholz

Anmerkung: Das Volumen muss exakt eingehalten werden.