

Gutachten Raumakustik
Genehmigungsplanung

GKEN – Neubau Gymnasium + Sporthalle
Kirchheim bei München

Bericht Nr. 825-5860-3.3

im Auftrag des

Zweckverbands Staatliche weiterführende Schulen
im Osten des Landkreises München

München, im Oktober 2019

Gutachten Raumakustik Genehmigungsplanung

GKEN – Neubau Gymnasium + Sporthalle
Kirchheim bei München

Bericht-Nr.: 825-5860-3.3

Datum: 24.10.2019

Auftraggeber: Zweckverband Staatliche weiterführende
Schulen im Osten des Landkreises München
Räterstraße 26
85551 Kirchheim b. München

Auftragnehmer: Möhler + Partner Ingenieure AG
Beratung in Schallschutz + Bauphysik
Landaubogen 10
D-81373 München
T + 49 89 544 217 - 0
F + 49 89 544 217 - 99
www.mopa.de
info@mopa.de

Bearbeiter: Carolin Debona M.Sc.
Dipl.-Ing. (FH) Julian Krafft

Inhaltsverzeichnis:

1. Aufgabenstellung	9
2. Raumakustische Anforderungen bzw. Empfehlungen gemäß DIN 18041 Hörsamkeit in Räumen – Anforderungen, Empfehlungen und Hinweise für die Planung, März 2016:	10
3. Nachhallzeitvorausberechnung.....	11
3.1 Akustische Maßnahmen.....	11
3.2 Klassenraum.....	13
3.2.1 Klassenraum, Raumgruppe A3	14
3.2.2 Klassenraum, Raumgruppe A4	15
3.3 Kunst Lehrsaal	16
3.3.1 Kunst Lehrsaal, Raumgruppe A3	17
3.3.2 Kunst Lehrsaal, Raumgruppe A4	18
3.4 Musik Lehrsaal	19
3.5 Lehrerzimmer	22
3.6 MiD.....	24
3.7 Aula	26
3.7.1 Raumbeschreibung und Bewertung der Primärstruktur	27
3.7.2 Bewertung der Sekundärstruktur	28
3.7.3 Nachhallzeitvorausberechnung Aula.....	29
3.7.4 Bewertung.....	31
3.8 Atrium und angrenzende Lernbereiche	32
3.8.1 Lernbereich.....	33
3.8.3 Atrium / Foyer	35
3.9 Erschließung EG	37
3.10 Bibliothek	39
3.11 Speisesaal und Rückgabe	41
3.12 Spülraum.....	43
3.13 Umkleide.....	45
3.14 4-fach-Sporthalle mit Tribüne.....	47
3.14.1 Unterteiltes Spielfeld.....	48
3.14.2 Unterteiltes Spielfeld (Bereich ohne Tribüne)	49

Abbildungsverzeichnis:

Abbildung 1:	Ansicht West, 23.09.2019; 9
Abbildung 2:	Auszug aus DIN 18041, Volumenkennzahl k für verschiedene Hauptnutzungen eines Raumes 26
Abbildung 3:	Bewertung Sekundärstruktur im Schnitt [1] durch die Aula 29

Tabellenverzeichnis:

Tabelle 1:	Schallabsorptionsgrad α_p , bzw. Äquivalente Absorptionsfläche $A_{\text{äqu}}[\text{m}^2]$ in den Oktavmittelfrequenzen von 125 Hz bis 4000 Hz, gemäß Herstellerangaben.....	11
Tabelle 2:	Raumbeschreibung, Klassenraum.....	13
Tabelle 3:	Nachhallzeitvorausberechnung, Klassenraum, Raumgruppe A3.....	14
Tabelle 4:	Nachhallzeitvorausberechnung, Klassenraum, Raumgruppe A4.....	15
Tabelle 5:	Raumbeschreibung, Kunst Lehrsaal.....	16
Tabelle 6:	Nachhallzeitvorausberechnung, Kunst Lehrsaal, Raumgruppe A3	17
Tabelle 7:	Nachhallzeitvorausberechnung, Kunst Lehrsaal, Raumgruppe A4	18
Tabelle 8:	Raumbeschreibung, Musik Lehrsaal	20
Tabelle 9:	Nachhallzeitvorausberechnung, Musik Lehrsaal, RG A1, A2 und A3	21
Tabelle 10:	Raumbeschreibung, Lehrerzimmer	22
Tabelle 11:	Nachhallzeitvorausberechnung, Lehrerzimmer, RG B4	23
Tabelle 12:	Raumbeschreibung, MiD.....	24
Tabelle 13:	Nachhallzeitvorausberechnung, MiD, RG B4	25
Tabelle 14:	Raumbeschreibung, Aula	27
Tabelle 15:	Nachhallzeitvorausberechnung, Aula, Raumgruppe A1 und A2	30
Tabelle 16:	Raumbeschreibung, Erschließung EG	37
Tabelle 17:	Nachhallzeitvorausberechnung, Erschließung EG, RG B3	38
Tabelle 18:	Raumbeschreibung, Bibliothek	39
Tabelle 19:	Nachhallzeitvorausberechnung, Bibliothek, RG B3	40
Tabelle 20:	Raumbeschreibung, Speisesaal und Rückgabe	41
Tabelle 21:	Nachhallzeitvorausberechnung, Speisesaal und Rückgabe, RG B5	42
Tabelle 22:	Raumbeschreibung, Spülraum.....	43
Tabelle 23:	Nachhallzeitvorausberechnung, Spülraum, RG B5.....	44
Tabelle 24:	Raumbeschreibung, Umkleide	45

Tabelle 25:	Nachhallzeitvorausberechnung, Umkleide, RG B5	46
Tabelle 26:	Raumbeschreibung, 4-fach-Sporthalle mit Tribüne.....	47
Tabelle 27:	Nachhallzeitvorausberechnung, ungeteiltes Spielfeld, RG A5.....	48
Tabelle 28:	Nachhallzeitvorausberechnung, geteiltes Spielfeld, RG A5.....	49

Grundlagenverzeichnis:

- [1] Planunterlagen, Stand 19.07.2019, 23.09.2019 und 21.10.2019
- [2] DIN 18041 Hörsamkeit in Räumen Anforderungen, Empfehlungen und Hinweise für die Planung, März 2016 -
- [3] W. Fasold, E. Ferres: Schallschutz + Raumakustik in der Praxis, Verlag für Bauwesen, Berlin (1998)

Zusammenfassung:

Der Zweckverband Staatliche weiterführende Schulen im Osten des Landkreises München plant den Neubau eines Gymnasiums mit Sporthalle in Kirchheim bei München.

Im Erdgeschoss des Gymnasiums befinden sich neben einer großen Aula mit Bühne ein Foyer, der Speisesaal, die Kunst- Werk- und Musikräume und der Verwaltungsbereich. Das Foyer ist durch das gesamte Gebäude als ein offener Raum geplant. Im 1.Obergeschoss befinden sich die Fachklassen und ein Bibliotheksbereich. In den Obergeschossen 2 bis 4 sind die normalen Klassenräume angeordnet. Im Untergeschoss sind Technikräume geplant.

Im Zuge dieses Berichts wurden Angaben zu akustischen Maßnahmen inkl. Produktempfehlungen und Flächenangaben zur Einhaltung der Anforderungen bzw. Empfehlungen gemäß DIN 18041 [2] erstellt. Es wurden folgende Räume bzw. Raumtypen betrachtet.

- Klassenzimmer
- Kunst Lehrsaaal
- Musik Lehrsaaal
- Lehrerzimmer
- MID
- Aula
- Atrium und angrenzende Lernbereiche
- Erschließung EG
- Bibliothek
- Speisesaal und Rückgabe
- Spülraum
- Umkleide
- 4-fach-Sporthalle mit Tribüne

Für die genannten Räumlichkeiten wurde eine Nachhallzeitvorausberechnung durchgeführt. Mit den vorgeschlagenen Akustikmaßnahmen können die Anforderungen bzw. Empfehlungen gemäß DIN 18041 in allen genannten Räumen bzw. Raumtypen eingehalten werden.

Hinweis zur inklusiven Nutzung von Räumen.

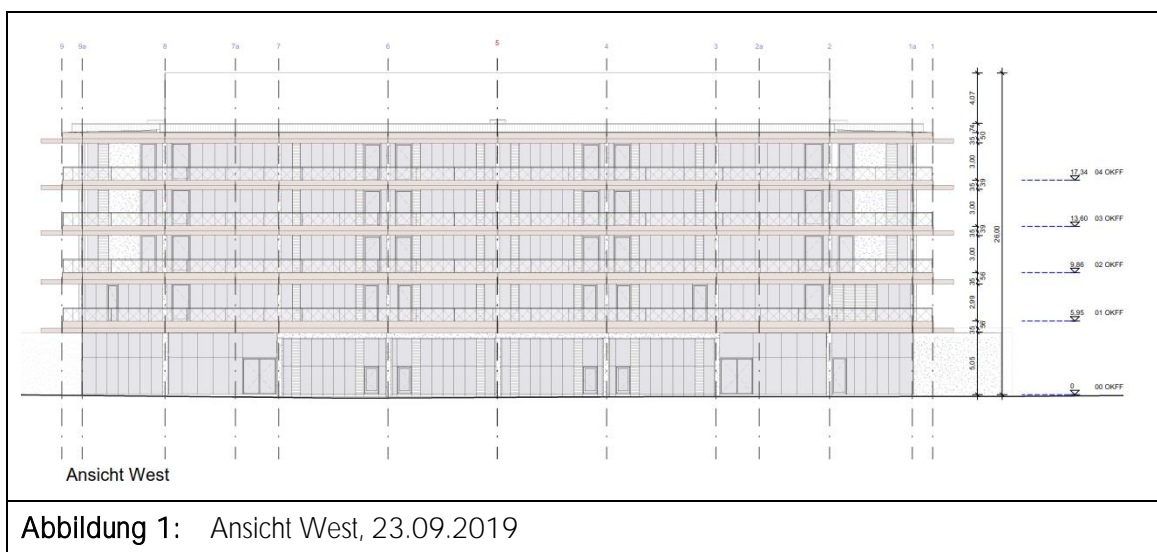
In der letzten Neufassung der DIN 18041 wird besonders auf eine inklusive Nutzung (Teilnahme von Personen mit Höreinschränkung am Unterricht) der Räumlichkeiten von öffentlich zugänglichen Gebäuden geachtet. Für die Klassen und Fachklassen werden daher die Nutzungsarten „Unterricht/Kommunikation“ und „Unterricht/Kommunikation inklusiv“ betrachtet.

In Abstimmung mit dem Bauherren sollen jeweils 2 Klassenräume und 1 Fachraum pro Fachbereich inklusiv erstellt werden.

1. Aufgabenstellung

Der Zweckverband Staatliche weiterführende Schulen im Osten des Landkreises München plant den Neubau eines Gymnasiums mit Sporthalle in Kirchheim bei München.

Im vorliegenden Bericht werden für die folgenden Räume die Anforderungen bzw. Empfehlungen für die Nachhallzeit gemäß DIN 18041 Hörsamkeit in Räumen – Anforderungen, Empfehlungen und Hinweise für die Planung, März 2016 aufgestellt. Es werden raumakustische Maßnahmen inklusive Produkt- und Flächenangaben zur Einhaltung der Anforderungen bzw. Empfehlungen gemäß DIN 18041 angeben.



Mit der Durchführung der Untersuchung wurde die Möhler + Partner Ingenieure AG am 12.11.2018 von dem Zweckverband Staatliche weiterführende Schulen im Osten des Landkreises München beauftragt.

2. Raumakustische Anforderungen bzw. Empfehlungen gemäß DIN 18041 Hörsamkeit in Räumen – Anforderungen, Empfehlungen und Hinweise für die Planung, März 2016:

Gemäß DIN 18041, März 2016 werden Anforderungen (Räume der Gruppe A) und Empfehlungen (Räume der Gruppe B) für die Hörsamkeit in Räumen definiert.

Räume der Gruppe A:

Für Räume der Gruppe A werden je nach Nutzungsart und nach effektivem Raumvolumen V , Anforderungen, d. h. anzustrebende Sollwerte für die Nachhallzeit (T_{Soll}) definiert. Der Sollwert der Nachhallzeit gilt für den besetzten Zustand und ist im Frequenzbereich von 125 Hz bis 4000 Hz mit einer Toleranz von $\pm 20 \%$ einzuhalten. Bei den Oktavmittelfrequenzen von 125 Hz und 4000 Hz sind größere Abweichungen nach unten, bei der Oktavmittelfrequenz von 125 Hz sind größere Abweichungen nach oben möglich.

Hierbei werden unterschiedliche Anforderungen für die Nutzungsarten wie z. B. „Musik“, „Sprache/Vortrag“, „Unterricht/Kommunikation“, „Unterricht/Kommunikation inklusiv“, „Sport“ etc. festgelegt.

Räume der Gruppe B:

Für Räume der Gruppe B werden Empfehlungen für ein erforderliches A/V-Verhältnis (Äquivalente Absorptionsfläche pro Raumvolumen) für unterschiedliche Nutzungsarten, z. B. Arbeitsräume, Labore, Speiseräume, Flure, etc. vorgegeben. Das A/V-Verhältnis ist im Frequenzbereich von 250 Hz bis 2000 Hz, ohne die Berücksichtigung von Personen einzuhalten.

In der Neufassung der DIN 18041, Stand März 2016 wird besonders auf eine inklusive Nutzung der Räumlichkeiten von Menschen mit Behinderungen Rücksicht genommen.

3. Nachhallzeitvorausberechnung

Mittels Nachhallzeitvorausberechnung werden die notwendigen akustischen Maßnahmen in den betreffenden Räumen, inklusive Flächen- und Produktangaben festgelegt.

3.1 Akustische Maßnahmen

In folgender Tabelle sind die akustischen Maßnahmen, welche in der folgenden Nachhallzeitvorausberechnung angesetzt werden, mit Angabe der praktischen Schallabsorptionsgrade α_p , bzw. der äquivalenten Absorptionsfläche, A_{aqu} [m²], in den Oktavmittenfrequenzen von 125 Hz bis 4000 Hz lt. Herstellerangaben aufgelistet:

Tabelle 1: Schallabsorptionsgrad α_p, bzw. Äquivalente Absorptionsfläche A_{aqu} [m²] in den Oktavmittenfrequenzen von 125 Hz bis 4000 Hz, gemäß Herstellerangaben.						
Material:	α_p 125 Hz	α_p 250 Hz	α_p 500 Hz	α_p 1000 Hz	α_p 2000 Hz	α_p 4000 Hz
Deckenmaßnahme: Heradesign superfine Dicke 25 mm Abstand zur Decke (TKH) ≥ 300mm mit Akustikauflege 40 mm	0,70	0,90	0,90	0,90	0,80	0,95
Wandmaßnahme: BKA-I Absorber Renz, Aufbauhöhe 100 mm, mikroperforierte Metallkassette mit Dämmeinlage	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,90
Wandmaßnahme: akustik+ finest 400 mm Hohlraum (im Schrank) 16 mm MDF mit Perforation Sichtseite 1,8/1,8/0,5mm ohne Mineralwolle	0,60	0,70	0,65	0,80	0,85	0,70
Wandmaßnahme Sporthalle: Prallwand Ligno Akustik light 3S-33, A70G, 21-4 (Lattenbreite 21 mm, 4 mm Fugenbreite), 100 mm Hohlraum mit 30 mm Hanf Absorber	0,40	0,60	0,80	0,90	0,75	0,55
Sporthallentrennvorhang mit Absorbervlies Typ G300, Fa. Van Besouw, Holland	0,01	0,01	0,01	0,18	0,35	0,58
Deckensegel Aula: Firma BER Holz-F ungelocht Ohne Auflage	0,10	0,06	0,05	0,04	0,09	0,07

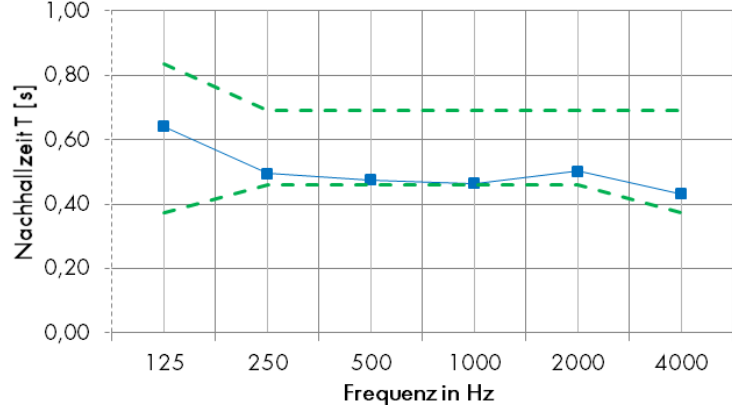
Deckensegel Aula: Firma BER Holz F Typ L 1/3-4 (D = 1 mm Sichtseite 3 mm Rückseite, Achsabstand = 4 mm) Vlies rückseitig aufkaschiert 30 mm Caruso WLG 040	0,87	1,03	1,00	0,90	0,76	0,58
Wandmaßnahme Aula: Verbundplattenresonator VPR, Metallkassette mikroperforiert, mit Dämmeinlage, Aufbauhöhe 100 mm, Renz Solutions	0,95	0,85	0,60	0,35	0,25	0,20
Vorgabe für den Schallabsorp- tionsgrad der akustischen Wandmaßnahme im Atrium und den Lernbereichen	0,30	0,40	0,50	0,50	0,50	0,50

3.2 Klassenraum

Die Angaben zu den Akustikmaßnahmen, wie Art der Akustikmaßnahme, Flächenbelegung in % der Grundfläche usw. können auf alle Klassenräume (Fachklassen, Aufenthaltsraum Schüler, Sammlungsräume, Schülerlabor usw.) mit derselben lichten Raumhöhe (3,0 m) übertragen werden.

Tabelle 2: Raumbeschreibung, Klassenraum		
Grundriss		
Raumbeschreibung	Grundfläche:	71,7 m ²
	Raumhöhe bis Abhangdecke:	3,00 m
	Volumen:	ca. 215 m ³
Raumbegrenzungsflächen	Decke (Stahlbeton) +:	Akustikdecke Heradesign
	Wände:	Massiv, Verglasung, Trockenbau
	Boden:	Linoleum
Belegung	25 Personen, (Belegungsgrad 80 % von 32 Schüler/innen)	
Anforderung gemäß DIN 18041:2016-03 Sollwert der Nachhallzeit	Raumgruppe A3 „Unterricht/Kommunikation“ $T_{\text{soll}} = 0,58 \text{ s}$ Raumgruppe A4 „Unterricht/Kommunikation inklusiv“ $T_{\text{soll}} = 0,47 \text{ s}$ Frequenzbereich 125 Hz bis 4000 Hz	
Anforderung/Empfehlung ohne akustische Maßnahmen erfüllt?	Nein	

3.2.1 Klassenraum, Raumgruppe A3

Tabelle 3: Nachhallzeitvorausberechnung, Klassenraum, Raumgruppe A3	
Akustische Maßnahmen Belegungsfläche	Deckenmaßnahme: Heradesign superfine, Dicke 25 mm, Abstand zur Decke (TKH) $\geq 300\text{mm}$, mit Akustikauflage 40 mm, Belegung von 85 % der Deckenfläche, entspricht 61 m^2 .
Berechnete Nachhallzeit	<p>Klassenraum, RG A3 Nachhallzeit T [s]</p>  <p>----- Obere und untere Toleranzgrenze T_{soll} in Abhängigkeit d. Frequenz Nachhallzeitvorausberechnung, in Abhängigkeit d. Frequenz.</p>
Bewertung gemäß DIN18041, RG A3 Anforderung eingehalten?	Nachhallzeit liegt im gesamten betrachteten Frequenzbereich 125 Hz - 4.000 Hz innerhalb der Toleranzgrenzen Anforderung wird eingehalten

3.2.2 Klassenraum, Raumgruppe A4

Tabelle 4: Nachhallzeitvorausberechnung, Klassenraum, Raumgruppe A4																													
Akustische Maßnahmen Belegungsfläche	Deckenmaßnahme: Heradesign superfine, Dicke 25 mm, Abstand zur Decke (TKH) $\geq 300\text{mm}$, mit Akustikauflage 40 mm, Belegung von ca. 85 % der Deckenfläche, entspricht ca. 61 m².																												
Berechnete Nachhallzeit	<div>Klassenraum, RG A4 Nachhallzeit T [s]</div> <table><caption>Data points estimated from the graph</caption><thead><tr><th>Frequenz in Hz</th><th>Nachhallzeit T [s] (Berechnung)</th><th>Obere Toleranzgrenze T_{Soll} [s]</th><th>Untere Toleranzgrenze T_{Soll} [s]</th></tr></thead><tbody><tr><td>125</td><td>0,65</td><td>0,68</td><td>0,30</td></tr><tr><td>250</td><td>0,50</td><td>0,55</td><td>0,35</td></tr><tr><td>500</td><td>0,48</td><td>0,55</td><td>0,35</td></tr><tr><td>1000</td><td>0,45</td><td>0,55</td><td>0,35</td></tr><tr><td>2000</td><td>0,50</td><td>0,55</td><td>0,35</td></tr><tr><td>4000</td><td>0,42</td><td>0,55</td><td>0,30</td></tr></tbody></table> <div><div>---</div> Obere und untere Toleranzgrenze T_{Soll} in Abhängigkeit d. Frequenz</div> <div><div>---</div> Nachhallzeitvorausberechnung, in Abhängigkeit d. Frequenz.</div>	Frequenz in Hz	Nachhallzeit T [s] (Berechnung)	Obere Toleranzgrenze T _{Soll} [s]	Untere Toleranzgrenze T _{Soll} [s]	125	0,65	0,68	0,30	250	0,50	0,55	0,35	500	0,48	0,55	0,35	1000	0,45	0,55	0,35	2000	0,50	0,55	0,35	4000	0,42	0,55	0,30
Frequenz in Hz	Nachhallzeit T [s] (Berechnung)	Obere Toleranzgrenze T _{Soll} [s]	Untere Toleranzgrenze T _{Soll} [s]																										
125	0,65	0,68	0,30																										
250	0,50	0,55	0,35																										
500	0,48	0,55	0,35																										
1000	0,45	0,55	0,35																										
2000	0,50	0,55	0,35																										
4000	0,42	0,55	0,30																										
Bewertung gemäß DIN18041, RG A4 Anforderung eingehalten?	Nachhallzeit liegt im gesamten betrachteten Frequenzbereich 125 Hz – 4.000 Hz innerhalb der Toleranzgrenzen Anforderung wird eingehalten																												

3.3 Kunst Lehrsaal

Die Angaben zu den Akustikmaßnahmen, wie Art der Akustikmaßnahme, Flächenbelegung in % der Grundfläche usw. können auf alle Kunst Lehrsäle, Kunst-Nebenräume, den Raum Moderne Medien und den Mehrzweckraum mit derselben lichten Raumhöhe (3,5 m) übertragen werden.

Tabelle 5: Raumbeschreibung, Kunst Lehrsaal	
Grundriss	
Raumbeschreibung	<p>Grundfläche: 89,1 m²</p> <p>Raumhöhe bis Abhangdecke: 3,50 m</p> <p>Volumen: ca. 312 m³</p>
Raumbegrenzungsflächen	<p>Decke (Stahlbeton) +: Akustikdecke Heradesign</p> <p>Wände: Massiv, Verglasung, Trockenbau</p> <p>Boden: Linoleum</p>
Belegung	25 Personen, (Belegungsgrad 80 % von 32 Schüler/innen)
Anforderung gemäß DIN 18041:2016-03 Sollwert der Nachhallzeit	<p>Raumgruppe A3 „Unterricht/Kommunikation“ $T_{\text{soll}} = 0,63 \text{ s}$</p> <p>Raumgruppe A4 „Unterricht/Kommunikation inklusiv“ $T_{\text{soll}} = 0,51 \text{ s}$</p> <p>Frequenzbereich 125 Hz bis 4000 Hz</p>
Anforderung/Empfehlung ohne akustische Maßnahmen erfüllt?	Nein

3.3.1 Kunst Lehrsaal, Raumgruppe A3

Tabelle 6: Nachhallzeitvorausberechnung, Kunst Lehrsaal, Raumgruppe A3	
Akustische Maßnahmen Belegungsfläche	Deckenmaßnahme: Heradesign superfine, Dicke 25 mm, Abstand zur Decke (TKH) $\geq 300\text{mm}$, mit Akustikauflage 40 mm, Belegung von 85 % der Deckenfläche, entspricht 76 m^2 .
Berechnete Nachhallzeit	<p>Kunst Lehrsaal, RG A3 Nachhallzeit T [s]</p> <p>----- Obere und untere Toleranzgrenze T_{soll} in Abhängigkeit d. Frequenz Nachhallzeitvorausberechnung, in Abhängigkeit d. Frequenz.</p>
Bewertung gemäß DIN18041, RG A3 Anforderung eingehalten?	Nachhallzeit liegt im gesamten betrachteten Frequenzbereich 125 Hz - 4.000 Hz innerhalb der Toleranzgrenzen Anforderung wird eingehalten

3.3.2 Kunst Lehrsaal, Raumgruppe A4

Tabelle 7: Nachhallzeitvorausberechnung, Kunst Lehrsaal, Raumgruppe A4	
Akustische Maßnahmen Belegungsfläche	<p>Deckenmaßnahme: Heradesign superfine, Dicke 25 mm, Abstand zur Decke (TKH) $\geq 300\text{mm}$, mit Akustikauflage 40 mm, Belegung von ca. 85 % der Deckenfläche, entspricht ca. 76 m².</p> <p>Wandmaßnahme: BKA-I Absorber Renz, Aufbauhöhe 100 mm, mikroperforierte Metallkassette mit Dämmeinlage, Belegung von ca. 8,9 m², entspricht ca. 10 % der Grundfläche</p> <p>Alternative Wandmaßnahme: akustik+ finest, 400 mm Hohlraum (im Schrank), 16 mm MDF mit Perforation Sichtseite 1,8/1,8/0,5mm ohne Mineralwolle, Belegung von ca. 13,4 m², entspricht ca. 15 % der Grundfläche</p>
Berechnete Nachhallzeit	<p style="text-align: center;">Kunst Lehrsaal, RG A4 Nachhallzeit T [s]</p> <p style="text-align: center;">----- Obere und untere Toleranzgrenze T_{soll} in Abhängigkeit d. Frequenz Nachhallzeitvorausberechnung, in Abhängigkeit d. Frequenz.</p>
Bewertung gemäß DIN18041, RG A4 Anforderung eingehalten?	Nachhallzeit liegt im gesamten betrachteten Frequenzbereich 125 Hz – 4.000 Hz innerhalb der Toleranzgrenzen Anforderung wird eingehalten

3.4 Musik Lehrsaal

Die Angaben zu den Akustikmaßnahmen, wie Art der Akustikmaßnahme, Flächenbelegung in % der Grundfläche usw. können auf alle Musik Lehrsäle mit derselben lichten Raumhöhe (3,5 m) übertragen werden. Die angrenzenden Räume Sammlung und Vorbereitung und der Musik-Nebenraum sind wie unter Kapitel 3.3 beschrieben auszuführen.

Bei der Raumakustik für Musikräume kommt es im Wesentlichen auf die geplante Nutzung der Räume an. Nach DIN 18041 wird hierbei in drei verschiedene Nutzungen unterschieden, welche im Folgenden untersucht werden.

Auszug aus der DIN 18041.

„Die Anforderungen an die Nachhallzeiten in Musikunterrichts- oder auch Musikprobenräumen, sind stark nutzungsabhängig und liegen typischerweise zwischen den Nutzungsarten A1 und A2. Dabei sollen Unterrichtsräume für Musikschüler z. B. für Gesang, Blockflöte oder ähnliches zur Erhöhung der Spielfreude tendenziell längere Nachhallzeiten aufweisen (Nutzungsart A1), während Musikunterrichts- und auch Probenräume z. B. für Blas- und Streichinstrumente sich an der Nutzungsart A2 orientieren können. Für Musikunterrichtsräume in Schulen ist eine Variabilität in der Nachhallzeit anzustreben, welche den Bereich zwischen den Sollkurven der Nutzungsarten A1 und A3 abdeckt. Des Weiteren ist bei Schlagwerk und vergleichbar lauten Bandproberäumen eine höhere Raumbedämpfung notwendig. Die Nachhallzeiten für die Nutzung A3 sind hier als Obergrenze anzusehen.“

Hinweis zur inklusiven Nutzung: Bei Musikräumen wird gem. DIN 18041 keine inklusive Nutzung berücksichtigt.

Tabelle 8: Raumbeschreibung, Musik Lehrsaal

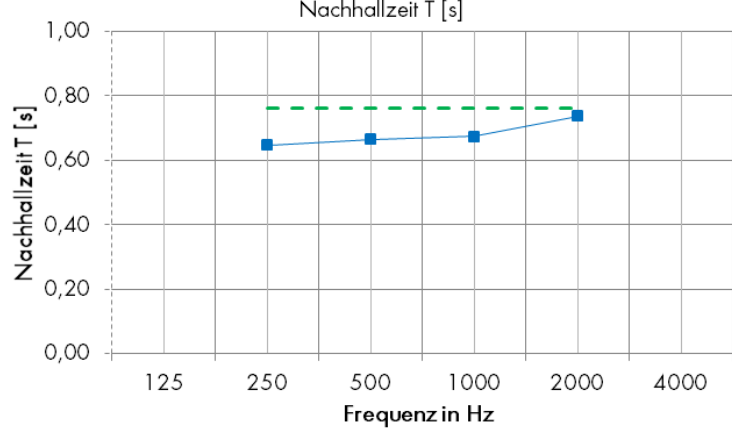
Grundriss	
Raumbeschreibung	Grundfläche: 90,6 m ² Raumhöhe bis Abhangdecke: 3,50 m Volumen: ca. 317 m ³
Raumbegrenzungsflächen	Decke (Stahlbeton) +: Akustikdecke Heradesign Wände: Massiv, Verglasung, Trockenbau Boden: Linoleum
Belegung	25 Personen, (Belegungsgrad 80 % von 32 Schüler/innen)
Anforderung gemäß DIN 18041:2016-03 Sollwert der Nachhallzeit	Raumgruppe A1 „Musik“ $T_{\text{soll}} = 1,20 \text{ s}$ Raumgruppe A2 „Sprache/Vortrag“ $T_{\text{soll}} = 0,79 \text{ s}$ Raumgruppe A3 „Unterricht/Kommunikation“ $T_{\text{soll}} = 0,63 \text{ s}$ Frequenzbereich 125 Hz bis 4000 Hz
Anforderung/Empfehlung ohne akustische Maßnahmen erfüllt?	Nein

Tabelle 9: Nachhallzeitvorausberechnung, Musik Lehrsaal, RG A1, A2 und A3	
Akustische Maßnahmen Belegungsfläche	Deckenmaßnahme: Heradesign superfine, Dicke 25 mm, Abstand zur Decke (TKH) $\geq 300\text{mm}$, mit Akustikauflage 40 mm , Belegung von ca. 50 % der Deckenfläche, entspricht ca. 45 m ² .
Berechnete Nachhallzeit	<p style="text-align: center;">Musik Lehrsaal Nachhallzeit T [s]</p> <p style="text-align: center;">Nachhallzeit T [s]</p> <p style="text-align: center;">Frequenz f [Hz]</p> <p> --- Obere und untere Toleranzgrenze T_{Soll} in Abhängigkeit d. Frequenz, A1 --- Obere und untere Toleranzgrenze T_{Soll} in Abhängigkeit d. Frequenz, A2 --- Obere und untere Toleranzgrenze T_{Soll} in Abhängigkeit d. Frequenz, A3 --- Nachhallzeitvorausberechnung, in Abhängigkeit d. Frequenz. </p>
Bewertung gemäß DIN18041, RG A1, A2 und A3 Anforderung eingehalten?	Die Nachhallzeit entspricht der Anforderung gemäß DIN 18041 und liegt im gesamten betrachteten Frequenzbereich 125 Hz - 4.000 Hz zwischen der Raumgruppe A1, A2 und A3 Anforderung wird eingehalten

3.5 Lehrerzimmer

Tabelle 10: Raumbeschreibung, Lehrerzimmer

Grundriss		
Raumbeschreibung	Grundfläche: Raumhöhe bis Abhangdecke: Volumen:	373,1 m ² 3,50 m ca. 953 m ³
Raumbegrenzungsflächen	Decke (Stahlbeton) +: Wände: Boden:	Akustikdecke Heradesign Massiv, Verglasung, Trockenbau Linoleum
Empfehlung gemäß DIN 18041:2016-03 Erforderliches A/V-Verhältnis	Raumgruppe B4 „Räume mit Bedarf an Lärminderung und Raumkomfort“ $A/V \geq 0,21 \text{ m}^2/\text{m}^3$, $T_{\text{soll}} \leq 0,76 \text{ s}$ Frequenzbereich 250 Hz bis 2000 Hz	
Anforderung/Empfehlung ohne akustische Maßnahmen erfüllt?	Nein	

Tabelle 11: Nachhallzeitvorausberechnung, Lehrerzimmer, RG B4	
Akustische Maßnahmen Belegungsfläche	Deckenmaßnahme: Heradesign superfine, Dicke 25 mm, Abstand zur Decke (TKH) $\geq 300\text{mm}$, mit Akustikauflage 40 mm , Belegung von ca. 85 % der Deckenfläche, entspricht ca. 317 m ² .
Berechnete Nachhallzeit	<div style="text-align: center;"> Lehrerzimmer Nachhallzeit T [s] </div>  <p> --- Erforderliches A/V-Verhältnis, umgerechnet in T [s] —■— Nachhallzeitvorausberechnung, in Abhängigkeit d. Frequenz. </p>
Bewertung gemäß DIN18041, RG B4 Empfehlung eingehalten?	A/V-Verhältnis liegt im Frequenzbereich von 250 - 2.000 Hz bei $A/V \geq 0,21 \text{ m}^2/\text{m}^3$ Empfehlung wird eingehalten

3.6 MiD

Die Angaben zu den Akustikmaßnahmen, wie Art der Akustikmaßnahme, Flächenbelegung in % der Grundfläche usw. können auf alle Büroräume (MiD, Sekretariat, Schulleitung, SMV-Raum, Elternzimmer usw.) mit derselben lichten Raumhöhe (3,0 m) übertragen werden.

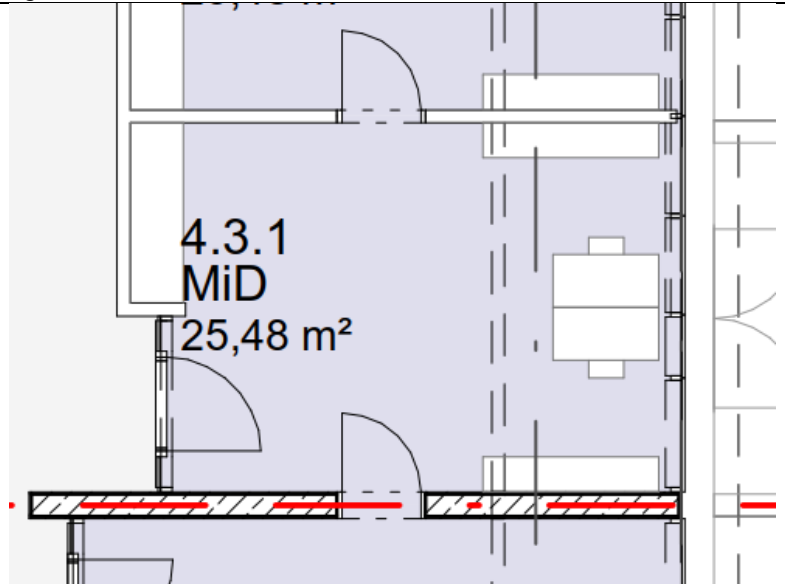
Tabelle 12: Raumbeschreibung, MiD		
Grundriss		
Raumbeschreibung	Grundfläche:	25,5 m ²
	Raumhöhe bis Abhangdecke:	3,00 m
	Volumen:	ca. 74 m ³
Raumbegrenzungsflächen	Decke (Stahlbeton) +:	Akustikdecke Heradesign
	Wände:	Massiv, Verglasung, Trockenbau
	Boden:	Linoleum
Empfehlung gemäß DIN 18041:2016-03 Erforderliches A/V-Verhältnis	Raumgruppe B4 „Räume mit Bedarf an Lärminderung und Raumkomfort“ $A/V \geq 0,23 \text{ m}^2/\text{m}^3$, $T_{\text{soll}} \leq 0,71 \text{ s}$ Frequenzbereich 250 Hz bis 2000 Hz	
Anforderung/Empfehlung ohne akustische Maßnahmen erfüllt?	Nein	

Tabelle 13: Nachhallzeitvorausberechnung, MiD, RG B4											
Akustische Maßnahmen Belegungsfläche	Deckenmaßnahme: Heradesign superfine, Dicke 25 mm, Abstand zur Decke (TKH) $\geq 300\text{mm}$, mit Akustikauflage 40 mm , Belegung von ca. 85 % der Deckenfläche, entspricht ca. 21 m ² .										
Berechnete Nachhallzeit	<div style="text-align: center;">MiD Nachhallzeit T [s]</div> <p> --- Erforderliches A/V-Verhältnis, umgerechnet in T [s] — Nachhallzeitvorausberechnung, in Abhängigkeit d. Frequenz. </p> <table border="1"> <caption>Data points from the graph</caption> <thead> <tr> <th>Frequenz in Hz</th> <th>Nachhallzeit T [s]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>250</td> <td>0,52</td> </tr> <tr> <td>500</td> <td>0,54</td> </tr> <tr> <td>1000</td> <td>0,56</td> </tr> <tr> <td>2000</td> <td>0,60</td> </tr> </tbody> </table>	Frequenz in Hz	Nachhallzeit T [s]	250	0,52	500	0,54	1000	0,56	2000	0,60
Frequenz in Hz	Nachhallzeit T [s]										
250	0,52										
500	0,54										
1000	0,56										
2000	0,60										
Bewertung gemäß DIN18041, RG B4 Empfehlung eingehalten?	A/V-Verhältnis liegt im Frequenzbereich von 250 - 2.000 Hz bei $A/V \geq 0,23 \text{ m}^2/\text{m}^3$ Empfehlung wird eingehalten										

3.7 Aula

In der Aula sind unterschiedliche Nutzungen geplant. Es soll sowohl eine sprachliche als auch eine musikalische Darbietung möglich sein. Daraus ergeben sich unterschiedliche Nutzungsarten für die Raumgruppe gemäß DIN 18041.

Zusätzlich soll, bei offener Trennwand am Ende der Aula, die Fläche für eine große Schulveranstaltung (ca. 1300 Personen) genutzt werden. Aufgrund der architektonischen Struktur im Foyer ist hierfür eine Beschallungsanlage notwendig.

Die Bewertungen werden daher nur für die geschlossene Aula durchgeführt.

Raumgruppe A1 für die Nutzung „Musik“

Raumgruppe A2 für die Nutzung „Sprache/Vortrag“

Gegebenenfalls Raumgruppe A3 für die Nutzung „Sprach/Vortrag inklusiv“

Neben den Raumgruppen, aus denen sich die erforderliche Nachhallzeit ergibt, ist eine Bewertung der Volumenkenzahl erforderlich. Hierbei wird das zur Verfügung stehende Volumen pro Person ermittelt. Aus der nachfolgenden Tabelle ergibt sich hierbei die geeignete Hauptnutzung für die Aula.

Tabelle 4 — Volumenkenzahlen k für verschiedene Hauptnutzungen eines Raumes		
Spalte Zeile	1	2
	Hauptnutzung des Raumes für	Volumenkenzahl k m^3/Platz
1	Sprachdarbietung	4 bis 6
2	Musik- und Sprachdarbietung	6 bis 8
3	Musikdarbietung	7 bis 12

Abbildung 2: Auszug aus DIN 18041, Volumenkenzahl k für verschiedene Hauptnutzungen eines Raumes

Als Planungsgrundlage wird die DIN 18041, Hörsamkeit in Räumen – Anforderungen, Empfehlungen und Hinweise für die Planung, März 2016 verwendet.

3.7.1 Raumbeschreibung und Bewertung der Primärstruktur

Tabelle 14: Raumbeschreibung, Aula

<p>Grundriss und Schnitt</p>																			
<p>Raumbeschreibung</p>	<table border="0"> <tr> <td>Grundfläche Zuhörerfläche:</td> <td>ca. 520 m²</td> </tr> <tr> <td>Mittlere Raumhöhe Zuhörerfläche:</td> <td>ca. 5,70 m</td> </tr> <tr> <td>Volumen Zuhörerfläche:</td> <td>ca. 2.964 m³</td> </tr> <tr> <td colspan="2"> </td> </tr> <tr> <td>Grundfläche Podium:</td> <td>ca. 175 m²</td> </tr> <tr> <td>Raumhöhe Podium:</td> <td>ca. 5,45 m</td> </tr> <tr> <td>Volumen Podium:</td> <td>ca. 954 m³</td> </tr> <tr> <td colspan="2"> </td> </tr> <tr> <td>Volumen gesamt:</td> <td>ca. 3.918 m³</td> </tr> </table>	Grundfläche Zuhörerfläche:	ca. 520 m ²	Mittlere Raumhöhe Zuhörerfläche:	ca. 5,70 m	Volumen Zuhörerfläche:	ca. 2.964 m ³			Grundfläche Podium:	ca. 175 m ²	Raumhöhe Podium:	ca. 5,45 m	Volumen Podium:	ca. 954 m ³			Volumen gesamt:	ca. 3.918 m ³
Grundfläche Zuhörerfläche:	ca. 520 m ²																		
Mittlere Raumhöhe Zuhörerfläche:	ca. 5,70 m																		
Volumen Zuhörerfläche:	ca. 2.964 m ³																		
Grundfläche Podium:	ca. 175 m ²																		
Raumhöhe Podium:	ca. 5,45 m																		
Volumen Podium:	ca. 954 m ³																		
Volumen gesamt:	ca. 3.918 m ³																		
<p>Belegung</p>	<p>480 Personen, (Belegungsgrad 80 % von 600 Personen)</p>																		
<p>Anforderung gemäß DIN 18041:2016-03 Sollwert der Nachhallzeit</p>	<p>Raumgruppe A1 „Musik“ $T_{\text{soll}} = 1,69 \text{ s}$ Raumgruppe A2 „Sprache/Vortrag“ $T_{\text{soll}} = 1,19 \text{ s}$ Frequenzbereich 125 Hz bis 4000 Hz</p>																		
<p>Volumenkennzahl</p>	<p>$k = 6,5 \text{ m}^3/\text{Platz}$ (bei Vollbesetzung) Für Musik- und Sprachdarbietung als gemischte Nutzung gut geeignet. Aufgrund der unterschiedlichen Nutzungsszenarien in einer Schule ein guter Mittelwert.</p>																		

Bewertung der Primärstruktur	<p>Der Trapezgrundriss mit auf die Darbietungsrichtung (zum Podium) konvergierender Seitenwandführung ist günstig.</p> <p>Leichte konkave Krümmung der Rückwand. Ggf. ungünstige Schallbündelungen im Publikumsbereich im Brennpunkt der Krümmung. Es sind schallabsorbierende Maßnahmen einzuplanen.</p>
------------------------------	---

3.7.2 Bewertung der Sekundärstruktur

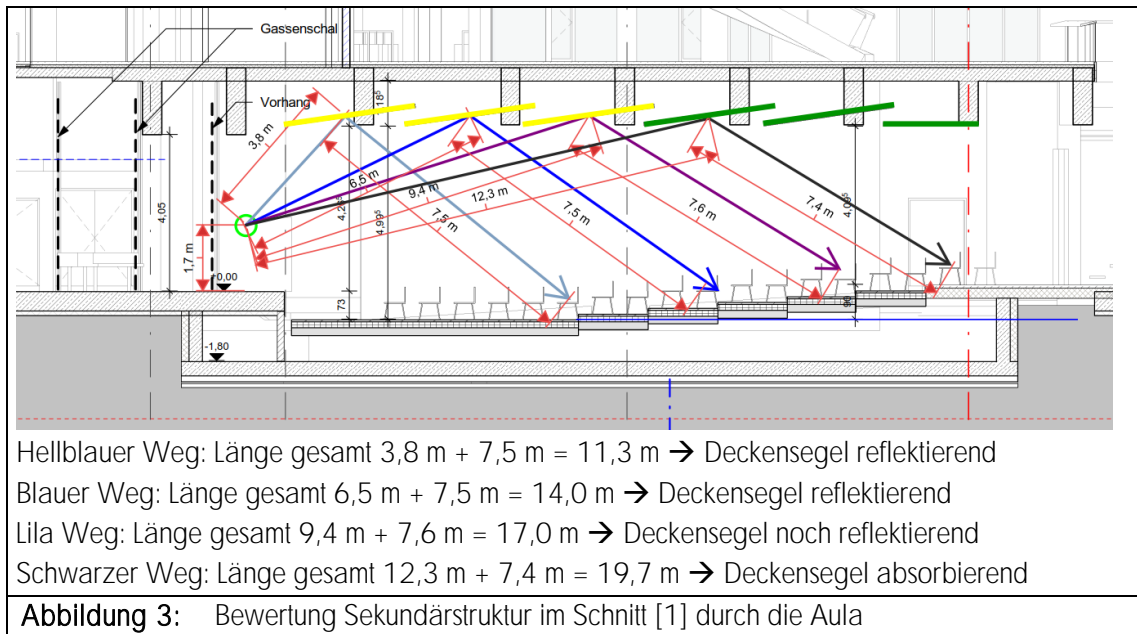
Die Sekundärstruktur des Raumes (reflektierende, absorbierende Maßnahmen) ist in Abhängigkeit von der Raumgeometrie zur Schalllenkung und zur Schallstreuung auszulegen.

Der **Wegunterschied** zwischen dem Direktschall (Sichtverbindung zur Schallquelle) und dem ersten energiereichen reflektierten Schallanteil (z.B. erste Schallreflexion an der Wand und Decke / Deckensegel) sollte bei nicht mehr als 17 m betragen. Beträgt in diesem Fall der Abstand zwischen den Wandflächen hinter und gegenüber der Darbietungszone mehr als 9 m, so ist diese Rückwand hinter dem Publikumsbereich schallabsorbierend zu behandeln.

Nützliche **Anfangsreflexionen** sind unter Beachtung des Wegeunterschiedes mit schallreflektierenden Maßnahmen zu realisieren.

In folgender Abbildung wird der Schnitt durch die Aula bewertet.

Die Schrägstellung der im Schnitt dargestellten Deckensegel muss auf den Grundsatz – Einfallswinkel = Ausfallswinkel – optimiert werden.



Die ersten drei vom Sprecher aus gesehenen Deckensegel (gelb) sind schallreflektierend auszubilden. Die danach folgenden Deckensegel (dunkelgrün) sind schallabsorbierend (z.B. perforierte Holzoberfläche) auszubilden.

Der Gesamtabstand vom Sprecher zur Rückwand ist $> 9 \text{ m}$. Diese ist daher schallabsorbierend auszuführen.

Parallele Flächen sind zu vermeiden. Die Neigung der seitlichen Wände beträgt jeweils 5° und ist damit in Ordnung.

Die **Begrenzungsflächen der Darbietungszone** sind schallreflektierend auszubilden.

3.7.3 Nachhallzeitvorausberechnung Aula

Unter Berücksichtigung der oben beschriebenen Maßnahmen wird eine Nachhallzeitvorausberechnung für die Raumgruppe A1 und A2 durchgeführt.

Tabelle 15: Nachhallzeitvorausberechnung, Aula, Raumgruppe A1 und A2	
Akustische Maßnahmen Belegungsfläche	<p>Boden: Parkett</p> <p>Deckenmaßnahmen: <u>Reflektierende Deckenfelder:</u> ungelochte Holzoberfläche z.B. Firma BER Holz-F ungelocht 3 Stück ca. 3,5 m x 20,0 m = 210 m² <u>Absorbierende Deckenfelder:</u> gelochte Holzoberfläche: z.B. Firma BER Holz F Typ L 1/3-4 (D = 1 mm, Sichtseite 3 mm Rückseite, Achsabstand = 4 mm) Vlies rückseitig aufkaschiert 30 mm Caruso WLG 040 3 Stück ca. 3,5 m x 20,0 m = 210 m²</p> <p>Wandmaßnahme: Tiefenabsorber in der oberen und an den seitlichen Ecken an der Rückwand: z.B. Firma Renz, Aufbauhöhe 100 mm, gelochte Metallkassette (Mikroperforation) mit Dämmeinlage. Belegung von 40 m² Wandfläche.</p> <p>Restliche Wandflächen mit ungelochter Holzverkleidung: z.B. Firma BER Holz-F ungelocht</p> <p>Bereich hinter dem Podium: Schallreflektierende Maßnahme (z.B. Vorhang aus Kunstseidenstoff)</p>
Berechnete Nachhallzeit	<p style="text-align: center;">Aula Nachhallzeit T [s]</p> <p style="text-align: center;">Nachhallzeit T [s]</p> <p style="text-align: center;">Frequenz f [Hz]</p> <p> --- Obere und untere Toleranzgrenze T_{Soll} in Abhängigkeit d. Frequenz, A1 --- Obere und untere Toleranzgrenze T_{Soll} in Abhängigkeit d. Frequenz, A2 —■— Nachhallzeitvorausberechnung, in Abhängigkeit d. Frequenz. </p>
Bewertung gemäß DIN18041, RG A1	Nachhallzeit liegt im Frequenzbereich 500 Hz – 2.000 Hz unterhalb der Toleranzgrenzen für die Nutzung Musik.
Bewertung gemäß DIN18041, RG A2	Nachhallzeit liegt im gesamten betrachteten Frequenzbereich 125 Hz – 4.000 Hz innerhalb der Toleranzgrenzen Anforderung für die Nutzung Sprache / Vortrag wird eingehalten

3.7.4 Bewertung

Durch die Akustikmaßnahmen für die Nutzungsart „Sprache/Vortrag“ tritt für die Nutzungsart „Musik“ eine Überdämpfung des Raumes bei 500 Hz bis 2000 Hz ein.

Ein wesentlicher Anteil an der Raumbedämpfung wird durch die angesetzte Personenzahl erzeugt.

Eine Reduzierung der akustisch wirksamen Flächen zur Optimierung der Nachhallzeit für die Nutzung „Musik“ führt zu einer zu geringen Bedämpfung für die Nutzung „Sprache/Vortrag“.

Durch eine Beschallungstechnik kann bei musikalischer Darbietung eine künstliche Nachhallverlängerung erzeugt werden, welche für z.B. Rockkonzerte oder elektronisch verstärkten Bands gut geeignet ist.

Mit den beschriebenen Maßnahmen wird ein guter Kompromiss für die unterschiedlichen Nutzungen geschaffen.

3.8 Atrium und angrenzende Lernbereiche

Im Zentrum des Gebäudes befindet sich ein nach oben offenes 5-geschossiges Atrium / Foyer. An das Foyer grenzen in jedem Geschoss offene Verkehrsflächen, über die der Zugang zu den Klassenräumen erfolgt, an. Die an das Foyer angrenzenden Verkehrsflächen sind großräumig ausgebildet und es befinden sich darin offene Nutzflächen wie Lernbereiche, sowie geschlossene Bereiche wie WC-Anlagen, Biologie- und Chemiesammlung, Nebenraum Physik, Elternsprechzimmer, geschlossener Bibliotheksbereich, etc.

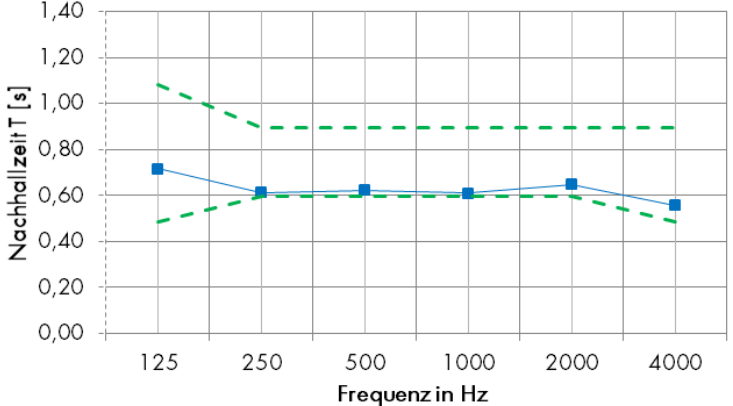
Im 5-geschossigen Foyerbereich sind keine Akustikmaßnahmen möglich, da dieses mit einem verglasten Dach abgeschlossen ist und die Verkehrsflächen offen an das Foyer anschließen und daher keine Raumbegrenzungsflächen vorhanden sind.

Die Akustikmaßnahmen sind an den Decken- und Wandflächen in den Verkehrsflächen bzw. Lernbereichen anzuordnen.

Im ersten Schritt wird die Nachhallzeit beispielhaft für einen Lernbereich berechnet. Dieser wird der Raumgruppe A3 zugeordnet.

3.8.1 Lernbereich

Tabelle: Raumbeschreibung, Lernbereich	
Grundriss	
Raumbeschreibung	<p>Grundfläche: ca. 235 m²</p> <p>Deckenfläche: ca. 245 m²</p> <p>Raumhöhe bis Abhangdecke: 3,00 m</p> <p>Raumhöhe bis Rohdecke: 3,28 m</p> <p>Volumen: ca. 735 m³</p>
Raumbegrenzungsflächen	<p>Decke (Stahlbeton) +: Akustikdecke Heradesign, Stahlbeton</p> <p>Wände: Massiv, Verglasung, Trockenbau</p> <p>Boden: Stein</p>
Belegung	16 Personen, (Belegungsgrad 80 % von 20 Schüler/innen) im Lernbereich
Anforderung gemäß DIN 18041:2016-03 Sollwert der Nachhallzeit	Raumgruppe A3 „Unterricht/Kommunikation“ $T_{\text{soll}} = 0,75 \text{ s}$ Frequenzbereich 125 Hz bis 4000 Hz
Anforderung/Empfehlung ohne akustische Maßnahmen erfüllt?	Nein

Tabelle: Nachhallzeitvorausberechnung, Lernbereich																													
Akustische Maßnahmen Belegungsfläche	Deckenmaßnahme: Heradesign superfine, Dicke 25 mm, Abstand zur Decke (TKH) $\geq 300\text{mm}$, mit Akustikauflage 40 mm , Belegung von 85 % der Deckenfläche, entspricht ca. 208 m ² .																												
Berechnete Nachhallzeit	<div><div>Lernbereich, Nachhallzeit T [s]</div><table border="1"><caption>Estimated data points from the graph</caption><thead><tr><th>Frequenz in Hz</th><th>Nachhallzeit T [s] (Calculation)</th><th>Obere Toleranzgrenze T_{Soll} [s]</th><th>Untere Toleranzgrenze T_{Soll} [s]</th></tr></thead><tbody><tr><td>125</td><td>0.72</td><td>1.08</td><td>0.50</td></tr><tr><td>250</td><td>0.62</td><td>0.90</td><td>0.60</td></tr><tr><td>500</td><td>0.62</td><td>0.90</td><td>0.60</td></tr><tr><td>1000</td><td>0.60</td><td>0.90</td><td>0.60</td></tr><tr><td>2000</td><td>0.65</td><td>0.90</td><td>0.60</td></tr><tr><td>4000</td><td>0.55</td><td>0.90</td><td>0.50</td></tr></tbody></table><div>----- Obere und untere Toleranzgrenze T_{Soll} in Abhängigkeit d. Frequenz Nachhallzeitvorausberechnung, in Abhängigkeit d. Frequenz.</div></div>	Frequenz in Hz	Nachhallzeit T [s] (Calculation)	Obere Toleranzgrenze T _{Soll} [s]	Untere Toleranzgrenze T _{Soll} [s]	125	0.72	1.08	0.50	250	0.62	0.90	0.60	500	0.62	0.90	0.60	1000	0.60	0.90	0.60	2000	0.65	0.90	0.60	4000	0.55	0.90	0.50
Frequenz in Hz	Nachhallzeit T [s] (Calculation)	Obere Toleranzgrenze T _{Soll} [s]	Untere Toleranzgrenze T _{Soll} [s]																										
125	0.72	1.08	0.50																										
250	0.62	0.90	0.60																										
500	0.62	0.90	0.60																										
1000	0.60	0.90	0.60																										
2000	0.65	0.90	0.60																										
4000	0.55	0.90	0.50																										
Bewertung gemäß DIN18041, RG A3 Anforderung eingehalten?	Nachhallzeit liegt im gesamten betrachteten Frequenzbereich 125 Hz – 4.000 Hz innerhalb der Toleranzgrenzen Anforderung wird eingehalten																												

Die angesetzte Belegungsfläche der Decke ist für jeden angrenzenden Bereich am Foyer zu übertragen.

3.8.3 Atrium / Foyer

Durch den Entwurfsverfasser wurden mit der Email am 26.09.2019 die möglichen akustisch wirksamen Decken- und Wandflächen übermittelt. Diese sind für die Berechnung berücksichtigt.

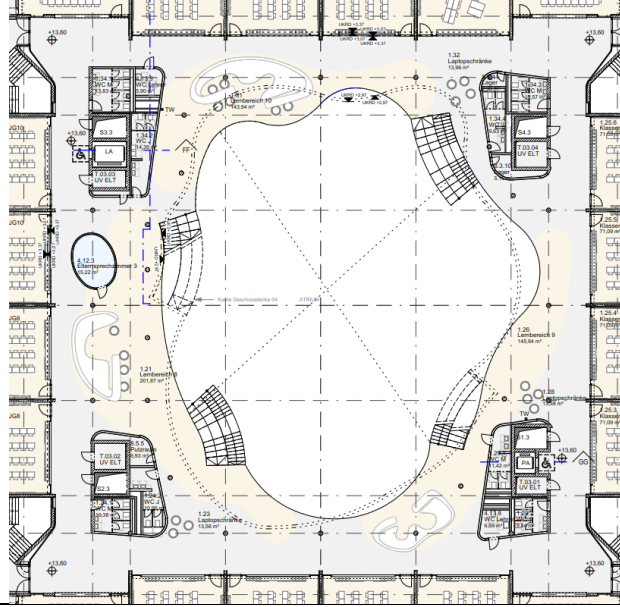
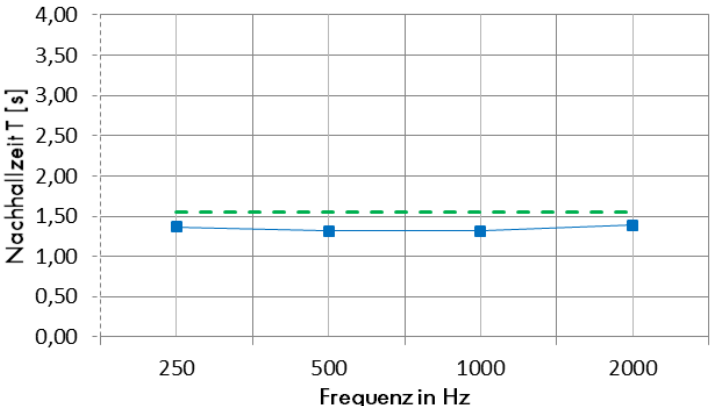
Tabelle: Raumbeschreibung, Atrium / Foyer	
Grundriss, 3.OG	
Raumbegrenzungsflächen	Decke (Stahlbeton) +: Verglasung Wände: Massiv, Verglasung, Trockenbau Luftraum zum angrenzenden Lernbereich Boden: Stein
Empfehlung gemäß DIN 18041:2016-03 Erforderliches A/V-Verhältnis	Raumgruppe B3 „Räume zum längerfristigen Verweilen“ $A/V \geq 0,11 \text{ m}^2/\text{m}^3$, $T_{\text{soll}} \leq 1,55 \text{ s}$ Frequenzbereich 250 Hz bis 2000 Hz
Anforderung/Empfehlung ohne akustische Maßnahmen erfüllt?	Nein

Tabelle: Nachhallzeitvorausberechnung, Atrium / Foyer	
Akustische Maßnahmen Belegungsfläche	<p>Deckenmaßnahme: Heradesign superfine, Dicke 25 mm, Abstand zur Decke (TKH) $\geq 300\text{mm}$, mit Akustikauflage 40 mm, EG: Belegung von 85 % der Deckenfläche, ca. 750 m^2 1.OG: Belegung von 85 % der Deckenfläche, ca. 842 m^2 2.OG: Belegung von 85 % der Deckenfläche, ca. 1010 m^2 3.OG: Belegung von 85 % der Deckenfläche, ca. 1022 m^2 4.OG: Belegung von 85 % der Deckenfläche, ca. 994 m^2</p> <p>Wandmaßnahme: Akustisch wirksame Wandmaßnahme: Schallabsorptionsgrad gemäß Tabelle 1. EG: Belegung von ca. 300 m^2 Wandfläche 1.OG: Belegung von ca. 225 m^2 Wandfläche 2.OG: Belegung von ca. 250 m^2 Wandfläche 3.OG: Belegung von ca. 250 m^2 Wandfläche 4.OG: Belegung von ca. 250 m^2 Wandfläche</p>
Berechnete Nachhallzeit	<p style="text-align: center;">Atrium Nachhallzeit T [s]</p>  <p style="text-align: center;">Nachhallzeit T [s]</p> <p style="text-align: center;">Frequenz in Hz</p> <p>--- Erforderliches A/V-Verhältnis, umgerechnet in T [s] Nachhallzeitvorausberechnung, in Abhängigkeit d. Frequenz.</p>
Bewertung gemäß DIN18041, RG B3 Empfehlung eingehalten?	<p>A/V-Verhältnis liegt im Frequenzbereich von 250 - 2.000 Hz bei $A/V \geq 0,11\text{ m}^2/\text{m}^3$ Empfehlung wird eingehalten</p>

3.9 Erschließung EG

Die Berechnungen gelten für alle Verkehrsflächen (Flure, Treppenhäuser usw.), welche nicht über den Luftraum mit dem Foyer verbunden sind. Die Berechnung wird beispielhaft für die Erschließung EG durchgeführt. Die Angaben zu den Akustikmaßnahmen, wie Art der Akustikmaßnahme, Flächenbelegung in % der Grundfläche usw. können auf alle Verkehrsflächen (Flure, Treppenhäuser usw.) übertragen werden.

Tabelle 16: Raumbeschreibung, Erschließung EG		
Grundriss		
Raumbeschreibung	Grundfläche: 156,2 m ² Raumhöhe bis Abhangdecke: 3,00 m Volumen: ca. 469 m ³	
Raumbegrenzungsflächen	Decke (Stahlbeton) +: Akustikdecke Heradesign Wände: Massiv, Verglasung, Trockenbau Boden: Linoleum	
Empfehlung gemäß DIN 18041:2016-03 Erforderliches A/V-Verhältnis	Raumgruppe B3 „Räume zum längerfristigen Verweilen“ $A/V \geq 0,19 \text{ m}^2/\text{m}^3$, $T_{\text{soll}} \leq 0,86 \text{ s}$ Frequenzbereich 250 Hz bis 2000 Hz	
Anforderung/Empfehlung ohne akustische Maßnahmen erfüllt?	Nein	

Tabelle 17: Nachhallzeitvorausberechnung, Erschließung EG, RG B3	
Akustische Maßnahmen Belegungsfläche	Deckenmaßnahme: Heradesign superfine, Dicke 25 mm, Abstand zur Decke (TKH) $\geq 300\text{mm}$, mit Akustikauflage 40 mm , Belegung von 2/3 der Deckenfläche, entspricht ca. 104 m^2 .
Berechnete Nachhallzeit	<div style="text-align: center;">Erschließung EG Nachhallzeit T [s]</div> <p> $\text{Nachhallzeit } T \text{ [s]}$ Frequenz in Hz </p> <p> --- Erforderliches A/V-Verhältnis, umgerechnet in T [s] --- Nachhallzeitvorausberechnung, in Abhängigkeit d. Frequenz. </p>
Bewertung gemäß DIN18041, RG B3 Empfehlung eingehalten?	A/V-Verhältnis liegt im Frequenzbereich von 250 - 2.000 Hz bei $A/V \geq 0,19\text{ m}^2/\text{m}^3$ Empfehlung wird eingehalten

3.10 Bibliothek

Tabelle 18: Raumbeschreibung, Bibliothek

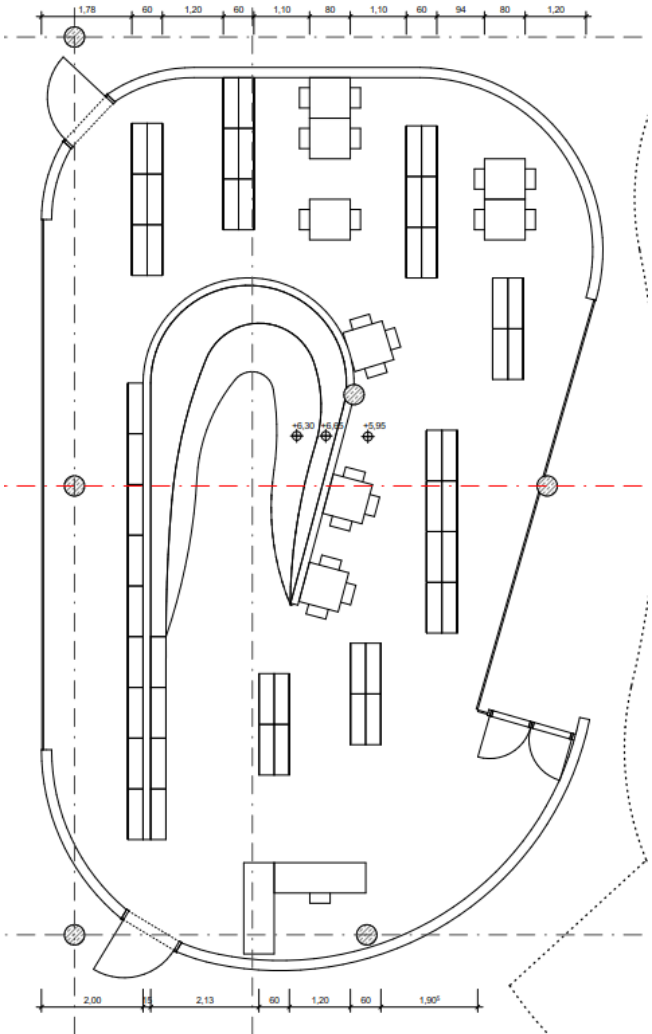
Grundriss		
Raumbeschreibung	Grundfläche: 158,7 m ² Raumhöhe bis Abhangdecke: 3,00 m Volumen: ca. 476 m ³	
Raumbegrenzungsflächen	Decke (Stahlbeton) +: Akustikdecke Heradesign, Oberlicht (24 m ²) Wände: Verglasung, Trockenbau Boden: Linoleum	
Empfehlung gemäß DIN 18041:2016-03 Erforderliches A/V-Verhältnis	Raumgruppe B3 „Räume zum längerfristigen Verweilen“ $A/V \geq 0,19 \text{ m}^2/\text{m}^3$, $T_{\text{soll}} \leq 0,86 \text{ s}$ Frequenzbereich 250 Hz bis 2000 Hz	
Anforderung/Empfehlung ohne akustische Maßnahmen erfüllt?	Nein	

Tabelle 19: Nachhallzeitvorausberechnung, Bibliothek, RG B3											
Akustische Maßnahmen Belegungsfläche	Deckenmaßnahme: Heradesign superfine, Dicke 25 mm, Abstand zur Decke (TKH) $\geq 300\text{mm}$, mit Akustikauflage 40 mm , Belegung von ca. 85 % der zur Verfügung stehenden Deckenfläche (135 m ²), entspricht ca. 115 m ² .										
Berechnete Nachhallzeit	<div style="text-align: center;"> Bibliothek Nachhallzeit T [s] </div> <table border="1"> <caption>Data points for the graph</caption> <thead> <tr> <th>Frequenz in Hz</th> <th>Nachhallzeit T [s]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>250</td> <td>0,65</td> </tr> <tr> <td>500</td> <td>0,66</td> </tr> <tr> <td>1000</td> <td>0,67</td> </tr> <tr> <td>2000</td> <td>0,75</td> </tr> </tbody> </table> <p> --- Erforderliches A/V-Verhältnis, umgerechnet in T [s] —■— Nachhallzeitvorausberechnung, in Abhängigkeit d. Frequenz. </p>	Frequenz in Hz	Nachhallzeit T [s]	250	0,65	500	0,66	1000	0,67	2000	0,75
Frequenz in Hz	Nachhallzeit T [s]										
250	0,65										
500	0,66										
1000	0,67										
2000	0,75										
Bewertung gemäß DIN18041, RG B3 Empfehlung eingehalten?	A/V-Verhältnis liegt im Frequenzbereich von 250 - 2.000 Hz bei $A/V \geq 0,19 \text{ m}^2/\text{m}^3$ Empfehlung wird eingehalten										

3.11 Speisesaal und Rückgabe

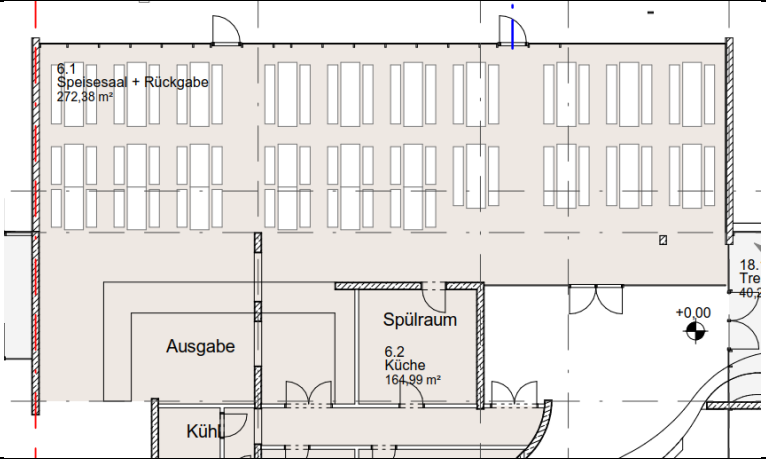
Tabelle 20: Raumbeschreibung, Speisesaal und Rückgabe	
Grundriss	
Raumbeschreibung	<p>Grundfläche: 272,4 m²</p> <p>Raumhöhe bis Abhangdecke: 3,50 m</p> <p>Volumen: ca. 953 m³</p>
Raumbegrenzungsflächen	<p>Decke (Stahlbeton) +: Akustikdecke Heradesign</p> <p>Wände: Massiv, Verglasung, Trockenbau</p> <p>Boden: Linoleum</p>
Empfehlung gemäß DIN 18041:2016-03 Erforderliches A/V-Verhältnis	<p>Raumgruppe B5 „Räume mit besonderem Bedarf an Lärmminde- rung und Raumkomfort“ $A/V \geq 0,25 \text{ m}^2/\text{m}^3$, $T_{\text{soll}} \leq 0,66 \text{ s}$ Frequenzbereich 250 Hz bis 2000 Hz</p>
Anforderung/Empfehlung ohne akustische Maßnahmen erfüllt?	Nein

Tabelle 21: Nachhallzeitvorausberechnung, Speisesaal und Rückgabe, RG B5											
Akustische Maßnahmen Belegungsfläche	<p>Deckenmaßnahme: Heradesign superfine, Dicke 25 mm, Abstand zur Decke (TKH) $\geq 300\text{mm}$, mit Akustikauflage 40 mm, Belegung von ca. 85 % der Deckenfläche, entspricht ca. 232 m².</p> <p>Wandmaßnahme: BKA-I Absorber Renz, Aufbauhöhe 100 mm, mikroperforierte Metallkassette mit Dämmeinlage, Belegung von ca. 27,2 m², entspricht ca. 10 % der Grundfläche</p> <p>Alternative Wandmaßnahme: akustik+ finest, 400 mm Hohlraum (im Schrank), 16 mm MDF mit Perforation Sichtseite 1,8/1,8/0,5mm ohne Mineralwolle, Belegung von ca. 40,9 m², entspricht ca. 15 % der Grundfläche</p>										
Berechnete Nachhallzeit	<p style="text-align: center;">Speisesaal + Rückgabe Nachhallzeit T [s]</p> <table border="1"> <caption>Data points for Nachhallzeit T [s] vs Frequenz in Hz</caption> <thead> <tr> <th>Frequenz in Hz</th> <th>Nachhallzeit T [s]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>250</td> <td>0,55</td> </tr> <tr> <td>500</td> <td>0,58</td> </tr> <tr> <td>1000</td> <td>0,57</td> </tr> <tr> <td>2000</td> <td>0,62</td> </tr> </tbody> </table> <p>--- Erforderliches A/V-Verhältnis, umgerechnet in T [s] --- Nachhallzeitvorausberechnung, in Abhängigkeit d. Frequenz.</p>	Frequenz in Hz	Nachhallzeit T [s]	250	0,55	500	0,58	1000	0,57	2000	0,62
Frequenz in Hz	Nachhallzeit T [s]										
250	0,55										
500	0,58										
1000	0,57										
2000	0,62										
Bewertung gemäß DIN18041, RG B5 Empfehlung eingehalten?	<p>A/V-Verhältnis liegt im Frequenzbereich von 250 – 2.000 Hz bei $A/V \geq 0,25 \text{ m}^2/\text{m}^3$ Empfehlung wird eingehalten</p>										

3.12 Spülraum

Die Angaben zu den Akustikmaßnahmen, wie Art der Akustikmaßnahme, Flächenbelegung in % der Grundfläche usw. können auf weiteren Räume der Küche mit derselben lichten Raumhöhe (3,5 m) übertragen werden.

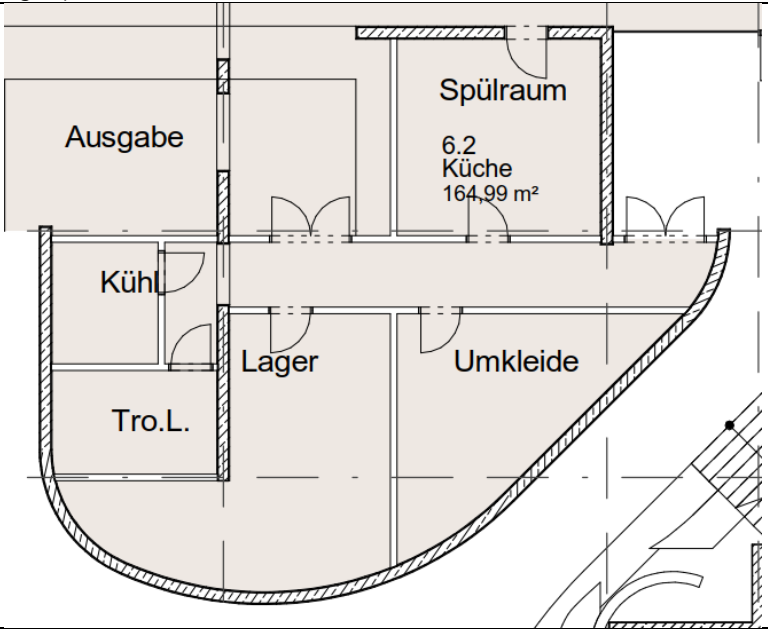
Tabelle 22: Raumbeschreibung, Spülraum		
Grundriss		
Raumbeschreibung	Grundfläche:	21,4 m ²
	Raumhöhe bis Abhangdecke:	3,50 m
	Volumen:	ca. 75 m ³
Raumbegrenzungsflächen	Decke (Stahlbeton) +:	Akustikdecke Heradesign
	Wände:	Massiv, Trockenbau
	Boden:	Linoleum
Empfehlung gemäß DIN 18041:2016-03 Erforderliches A/V-Verhältnis	Raumgruppe B5 „Räume mit besonderem Bedarf an Lärmminde- rung und Raumkomfort“ $A/V \geq 0,25 \text{ m}^2/\text{m}^3$, $T_{\text{soll}} \leq 0,66 \text{ s}$ Frequenzbereich 250 Hz bis 2000 Hz	
Anforderung/Empfehlung ohne akustische Maßnahmen erfüllt?	Nein	

Tabelle 23: Nachhallzeitvorausberechnung, Spülraum, RG B5	
Akustische Maßnahmen Belegungsfläche	Deckenmaßnahme: Heradesign superfine, Dicke 25 mm, Abstand zur Decke (TKH) $\geq 300\text{mm}$, mit Akustikauflage 40 mm , Belegung von ca. 85 % der Deckenfläche, entspricht ca. 18 m ² .
Berechnete Nachhallzeit	<p style="text-align: center;">Spülraum Nachhallzeit T [s]</p> <p style="text-align: center;">Nachhallzeit T [s]</p> <p style="text-align: center;">Frequenz in Hz</p> <p>--- Erforderliches A/V-Verhältnis, umgerechnet in T [s] Nachhallzeitvorausberechnung, in Abhängigkeit d. Frequenz.</p>
Bewertung gemäß DIN18041, RG B5 Empfehlung eingehalten?	A/V-Verhältnis liegt im Frequenzbereich von 250 - 2.000 Hz bei $A/V \geq 0,25 \text{ m}^2/\text{m}^3$ Empfehlung wird eingehalten

3.13 Umkleide

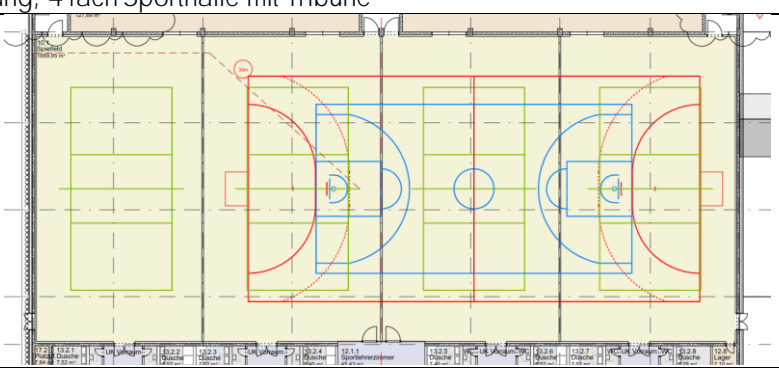
Die Angaben zu den Akustikmaßnahmen, wie Art der Akustikmaßnahme, Flächenbelegung in % der Grundfläche usw. können auf weiteren Räume der Küche mit derselben lichten Raumhöhe (3,5 m) übertragen werden.

Tabelle 24: Raumbeschreibung, Umkleide	
Grundriss	
Raumbeschreibung	Grundfläche: 19,3 m ² Raumhöhe bis Abhangdecke: 2,4 m Volumen: ca. 46 m ³
Raumbegrenzungsflächen	Decke (Stahlbeton) +: Akustikdecke Heradesign Wände: Massiv, Trockenbau Boden: Fliesen
Empfehlung gemäß DIN 18041:2016-03 Erforderliches A/V-Verhältnis	Raumgruppe B5 „Räume mit besonderem Bedarf an Lärmminde- rung und Raumkomfort“ $A/V \geq 0,31 \text{ m}^2/\text{m}^3$, $T_{\text{soll}} \leq 0,53 \text{ s}$ Frequenzbereich 250 Hz bis 2000 Hz
Anforderung/Empfehlung ohne akustische Maßnahmen erfüllt?	Nein

Tabelle 25: Nachhallzeitvorausberechnung, Umkleide, RG B5	
Akustische Maßnahmen Belegungsfläche	Deckenmaßnahme: Heradesign superfine, Dicke 25 mm, Abstand zur Decke (TKH) $\geq 300\text{mm}$, mit Akustikauflage 40 mm, Belegung von ca. 85 % der Deckenfläche, entspricht ca. 17 m ² .
Berechnete Nachhallzeit	<p style="text-align: center;">Umkleide Nachhallzeit T [s]</p> <p style="text-align: center;">Nachhallzeit T [s]</p> <p style="text-align: center;">Frequenz in Hz</p> <p>--- Erforderliches A/V-Verhältnis, umgerechnet in T [s] Nachhallzeitvorausberechnung, in Abhängigkeit d. Frequenz.</p>
Bewertung gemäß DIN18041, RG B5 Empfehlung eingehalten?	A/V-Verhältnis liegt im Frequenzbereich von 250 - 2.000 Hz bei $A/V \geq 0,31 \text{ m}^2/\text{m}^3$ Empfehlung wird eingehalten

3.14 4-fach-Sporthalle mit Tribüne

Bei teilbaren Sporthallen sind die Anforderungen an die Nachhallzeit für die ungeteilte Halle und auch für die Hallenteile nachzuweisen.

Tabelle 26: Raumbeschreibung, 4-fach-Sporthalle mit Tribüne	
Grundriss	
Raumbeschreibung	<p>Grundfläche ungeteilt: 1.978 m²</p> <p>Grundfläche geteilt: 417 m²</p> <p>Raumhöhe bis Abhangdecke: 8,00 m (Spielfeld) 4,26 m (Tribüne)</p> <p>Volumen ungeteilt: ca. 15.983 m³</p> <p>Volumen geteilt: ca. 3.337 m³</p>
Raumbegrenzungsflächen	<p>Decke +: Akustikdecke Heradesign</p> <p>Wände: Massiv, Verglasung, Trockenbau, akustisch wirksame Prallwand, Trennvorhang mit Akustikvlies</p> <p>Boden: Sporthallenboden Linoleum (Tribüne)</p>
Belegung	25 Personen, (Belegungsgrad 80 % von 32 Schüler/innen)
Anforderung gemäß DIN 18041:2016-03 Sollwert der Nachhallzeit	<p>Raumgruppe A5 „Sport“ ungeteilte Spielfelder $T_{\text{soll}} = 2,00 \text{ s}$</p> <p>Raumgruppe A5 „Sport“ geteilte Spielfelder $T_{\text{soll}} = 1,64 \text{ s}$</p> <p>Frequenzbereich 250 Hz bis 2000 Hz</p>
Anforderung/Empfehlung ohne akustische Maßnahmen erfüllt?	Nein

3.14.1 Ungeteiltes Spielfeld

Tabelle 27: Nachhallzeitvorausberechnung, ungeteiltes Spielfeld, RG A5	
Akustische Maßnahmen Belegungsfläche	<p>Deckenmaßnahme: Heradesign superfine, Dicke 25 mm, Abstand zur Decke (TKH) $\geq 300\text{mm}$, mit Akustikauflage 40 mm, Belegung von 50 % der Deckenfläche, entspricht 990 m^2.</p> <p>Wandmaßnahme: Prallwand Ligno Akustik light 3S-33, A70G, 21-4 (Lattenbreite 21 mm, 4 mm Fugenbreite), 100 mm Hohlraum mit 30 mm Hanf Absorber, Belegung von ca. 533 m^2, entspricht 3 m Höhe an jeder Wand</p>
Berechnete Nachhallzeit	<p style="text-align: center;">Spielfeld ungeteilt Nachhallzeit T [s]</p> <p style="text-align: center;">Nachhallzeit T [s]</p> <p style="text-align: center;">Frequenz in Hz</p> <p>----- Obere und untere Toleranzgrenze T_{Soll} in Abhängigkeit d. Frequenz Nachhallzeitvorausberechnung, in Abhängigkeit d. Frequenz.</p>
Bewertung gemäß DIN18041, RG A5 Anforderung eingehalten?	Nachhallzeit liegt im gesamten betrachteten 250 Hz - 2.000 Hz innerhalb der Toleranzgrenzen Anforderung wird eingehalten

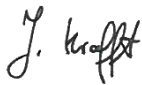
3.14.2 Geteiltes Spielfeld (Bereich ohne Tribüne)

Tabelle 28: Nachhallzeitvorausberechnung, geteiltes Spielfeld, RG A5																					
Akustische Maßnahmen Belegungsfläche	<p>Deckenmaßnahme: Heradesign superfine, Dicke 25 mm, Abstand zur Decke (TKH) $\geq 300\text{mm}$, mit Akustikauflage 40 mm, Belegung von 50 % der Deckenfläche, entspricht 209 m^2.</p> <p>Wandmaßnahme: Prallwand Ligno Akustik light 3S-33, A70G, 21-4 (Lattenbreite 21 mm, 4 mm Fugenbreite), 100 mm Hohlraum mit 30 mm Hanf Absorber, Belegung von ca. 174 m^2, entspricht 3 m Höhe an jeder Wand</p> <p>Wandmaßnahme: Sporthallentrennvorhang mit Absorbervlies Typ G300, Belegung von ca. 162 m^2, entspricht 6 m Höhe</p>																				
Berechnete Nachhallzeit	<div><div><div>Spielfeld geteilt Nachhallzeit T [s]</div><table><caption>Data points for Nachhallzeit T [s] vs Frequenz in Hz</caption><thead><tr><th>Frequenz in Hz</th><th>Nachhallzeit T [s] (Calculation)</th><th>Obere Toleranzgrenze T_{Soll} [s]</th><th>Untere Toleranzgrenze T_{Soll} [s]</th></tr></thead><tbody><tr><td>250</td><td>1.45</td><td>1.95</td><td>1.35</td></tr><tr><td>500</td><td>1.35</td><td>1.95</td><td>1.35</td></tr><tr><td>1000</td><td>1.30</td><td>1.95</td><td>1.30</td></tr><tr><td>2000</td><td>1.40</td><td>1.95</td><td>1.30</td></tr></tbody></table></div><div><div>----- Obere und untere Toleranzgrenze T_{Soll} in Abhängigkeit d. Frequenz Nachhallzeitvorausberechnung, in Abhängigkeit d. Frequenz.</div></div></div>	Frequenz in Hz	Nachhallzeit T [s] (Calculation)	Obere Toleranzgrenze T _{Soll} [s]	Untere Toleranzgrenze T _{Soll} [s]	250	1.45	1.95	1.35	500	1.35	1.95	1.35	1000	1.30	1.95	1.30	2000	1.40	1.95	1.30
Frequenz in Hz	Nachhallzeit T [s] (Calculation)	Obere Toleranzgrenze T _{Soll} [s]	Untere Toleranzgrenze T _{Soll} [s]																		
250	1.45	1.95	1.35																		
500	1.35	1.95	1.35																		
1000	1.30	1.95	1.30																		
2000	1.40	1.95	1.30																		
Bewertung gemäß DIN18041, RG A5 Anforderung eingehalten?	Nachhallzeit liegt im gesamten betrachteten 250 Hz - 2.000 Hz innerhalb der Toleranzgrenzen Anforderung wird eingehalten																				

Dieses Gutachten umfasst 50 Seiten. Die auszugsweise Vervielfältigung des Gutachtens ist nur mit Zustimmung der Möhler + Partner Ingenieure AG gestattet.

München, den 24. Oktober 2019

Möhler + Partner
Ingenieure AG



i. V. Dipl.-Ing. (FH) Julian Krafft



i. V. Carolin Debona, M.Sc.