Entwurfskonzept

Raumakustik

Aachen, 29.10.2019 RA 4006166 **Index 0**

Sanierung Altes Rathaus Jülich

Marktplatz 1

52428 Jülich

Auftraggeber:

GIS Gesellschaft für Infrastrukturvermögen
Kreis Düren mbH
Bismarckstraße 16
52428 Jülich

Planung:

Architekturbüro Mario Albrecht
Karl-Hein-Beckurts-Straße 13
52428 Jülich
Tel.: (0 24 61) 30 10 230
Fax: (0 24 61) 30 10 232

Verfasser:

BFT Cognos GmbH
Im Süsterfeld 1
52072 Aachen
Tel.: (02 41) 4 13 58-0
Fax.: (02 41) 4 13 58-5 55

Dieses Konzept umfasst 7 Seiten und 8 Anlagen.

Es darf nur ungekürzt vervielfältigt werden. Eine Veröffentlichung -auch auszugsweise- bedarf in jedem Einzelfall der schriftlichen Genehmigung. Die Ergebnisse dürfen nicht auf andere Bauwerke übertragen werden.

Aufgabenstellung

Die BFT Cognos GmbH wurde beauftragt, einige exemplarische Räume im zu sanierenden Gebäude „Altes Rathaus Jülich“ raumakustisch zu bewerten und Vorschläge zur Erzielung einer behaglichen Raumakustik zu unterbreiten.

Grundlagen

Die Technischen Regeln für Arbeitsstätten ASR 3.7 „Lärm“ formulieren in Verbindung mit der DIN 18041:2016-03 „Hörsamkeit in Räumen - Anforderungen, Empfehlungen und Hinweise für die Planung“ hierbei Empfehlungen zur raumakustischen Gestaltung der Räume. Die DIN 18041 ist hierbei als anerkannte Regeln der Technik anzusehen, obwohl sie nicht bauaufsichtlich eingeführt ist. Das wichtigste Kriterium bei der Bewertung der Akustik in Räumen der Gruppe A gemäß DIN 18041 (u. a. Nutzungsart „Unterricht/Kommunikation“ sowie „Sprache/Vortrag inklusiv“, Besprechungsräume) ist die Nachhallzeit. Die Nachhallzeit T_N ist die Zeit in Sekunden, in der nach Abschaltung einer Schallquelle der Schallpegel um 60 dB abfällt. Sie ist frequenzabhängig und kann nach der Sabine’schen Formel berechnet werden. Nach „Sabine“ ist die Nachhallzeit dabei praktisch unabhängig von der Lage der Schallquelle im Raum und dadurch auch praktisch überall im Raum gleich. Dies unterstellt ein "diffuses Schallfeld", was praktisch nur angenähert gegeben ist.
Durch die gezielte Auswahl von Wand- und Deckenverkleidungen, insbesondere deren Oberflächen und Porosität, kann die Nachhallzeit gezielt beeinflusst und auch vorausberechnet werden. Kenngröße der schallabsorbierenden Oberflächen ist der dimensionslose, frequenzabhängige Schallabsorptionsgrad α, der angibt, wieviel der auf eine Fläche treffenden Schallenergie absorbiert, d. h. in Wärme umgewandelt wird.
Der Wert der Nachhallzeit sollte in direkter Abhängigkeit der Nutzung und des Raumvolumens bestimmte Grenzwerte nicht über- oder unterschreiten. Zudem kann der Verlauf der Nachhallzeit über die Frequenzen nutzungstypische Merkmale aufweisen.
Das wichtigste Kriterium zur Bewertung der Akustik in Räumen der Gruppe B gemäß DIN 18041 (u.a. Büroräume) ist das A/V-Verhältnis. Dieses Kriterium be-

schreibt das Verhältnis der äquivalenten Schallabsorptionsfläche A zum Raumvolumen V und stellt einen Mindestwert dar, welcher erreicht werden muss. Die äquivalente Schallabsorptionsfläche A stellt eine hypothetische Größe einer Fläche mit dem Schallabsorptionsgrad 1 dar, welche die gleiche Schallleistung absorbiert wie die Summe aller schallabsorbierenden Elemente und Oberflächen im betrachteten Raum. Über den Einsatz von Elementen, deren Oberfläche einen hohen Schallabsorptionsgrad aufweisen, lässt sich das vorhandene A/V-Verhältnis eines Raumes gezielt beeinflussen.
Die Berechnung des zu erfüllenden Wertes erfolgt in Abhängigkeit der Raumnutzung und der lichten Raumhöhe gemäß DIN 18041. Als Grundlage dienten die uns überlassenen Architektenpläne mit Stand September 2019.

Anforderungen - Empfehlungen gemäß DIN 18041

Für die geplante Sanierung werden die Empfehlungen der DIN 18041 hinsichtlich der Raumakustik berücksichtigt. Hieraus resultieren i. d. R. notwendige raumakustische Maßnahmen, wie z.B. schallabsorbierende Wand- oder Deckenverkleidungen.

Folgende anzustrebende Nachhallzeiten bzw. das anzustrebende A/V-Verhältnis ergeben sich aus den Empfehlungen der DIN 18041, „Hörsamkeit in Räumen - Anforderungen, Empfehlungen und Hinweise für die Planung“, Ausgabe März 2016 für folgende Räume und Raumvolumen unter Ansatz einer „Sprachnutzung“ bzw. Büroraumnutzung:

Raum (Nr.)	Raum-volumen V	Anzustrebende Nachhallzeit im Mittel bei ≥ 250 Hz bei vorhandenem Raumvolumen V für Sprache T_N	Anzustrebendes Verhältnis von äquivalenter Schallabsorptionsfläche eines Raumes und des Raumvolumens A/V-Verhältnis
Raum 104 (Büro)	ca. 52 m³	-	≥ ~ 0,23
Raum 008 (Flur)	ca. 122 m³	-	≥ ~ 0,14
Raum 110 (Besprechung, Ratssaal)	ca. 430 m³	0,68 s	-

Randbedingungen

Für die Nachhallzeitberechnung der Räume wurden folgende raumseitigen Konstruktionen und Oberflächen berücksichtigt, welche ausgeführt werden sollen:

Raum 104 (Büro): Teppich ("Perlon-Rips" von Anker)
Abhangdecke von Fa. OWA, Sternbild, Abhanghöhe 200 mm,
massive Außen- und Trennwände, verputzt

Raum 008 (Flur): PVC/Linoleum o.ä.
Knauf Cleaneo® 8/18 Rundlochung mit Akustikvlies und Mineralwolle
massive Außen- und Trennwände, verputzt

Raum 110 (Ratss.) Parkett
BER-Holzdecke/ Wandpaneele mit Schlitzung
Ecophone Solo Baffel, 1200 x 600 mm
massive Außen- und Trennwände, verputzt

Alle Räume werden in den Berechnungen zunächst mit einer nicht bekleideten massiven Stahlbetondecke berücksichtigt.

Ergebnisse und Maßnahmen

Die Berechnungen (siehe Anlagen) zeigen, dass die anzustrebenden Nachhallzeiten bzw. das anzustrebende A/V-Verhältnis **ohne Berücksichtigung** von raumakustischen Maßnahmen nicht erreicht werden. Die Berechnungen zeigen weiterhin, dass die nach DIN 18041 anzustrebenden Nachhallzeiten bzw. das anzustrebende A/V-Verhältnis **unter Berücksichtigung** der nachfolgend aufgeführten raumakustischen Maßnahmen im Soll-Zustand nahezu erreicht werden.

Hierbei sind folgende zusätzliche exemplarische Maßnahmen bei den Berechnungen berücksichtigt worden:

- Abhangdecke von Fa. OWA, Sternbild, Abhanghöhe 200 mm (Raum 104)
- Knauf Cleaneo® 8/18 Rundl. mit Akustikvlies und Mineralw. (Raum 008)
- BER-Holzdecke/ Wandpaneele mit Schlitzung (Raum 110)
- Ecophone Solo Baffel, 1200 x 600 mm (Raum 110)

Nachfolgende Tabelle zeigt die zu erwartenden Nachhallzeiten der einzelnen Maßnahmen mit folgenden Erläuterungen:

☐ angestrebte Nachhallzeiten bzw. A/V-Verhältnisse werden nahezu erreicht, Maßnahme kann aus raumakustischer Sicht empfohlen werden

☐ angestrebte Nachhallzeiten bzw. A/V-Verhältnisse werden geringfügig übe- bzw. unterschritten, Maßnahme kann aus raumakustischer Sicht mit Einschränkungen empfohlen werden

☐ angestrebte Nachhallzeiten bzw. A/V-Verhältnisse werden nicht erreicht

Raum (Nr.) Grenzkriterium	Berechnete mittlere Ist-Nachhallzeit T_N	Berechnetes äquivalentes A/V-Verhältnis	Maßnahmen	Anlage
Raum 104 (Büro) A/V ≥ 0,23	-	~ 0,13	ohne zusätzliche Maßnahmen	1
	-	~ 0,33	Abhangdecke OWA Sternbild, Abhanghöhe 200 mm, vollflächig Rundlochung ($\alpha_w \geq 0,70$)	2
Raum 008 (Flur) A/V ≥ 0,14	-	~ 0,09	ohne zusätzliche Maßnahmen	3
	-	~ 0,17	ca. 15 m² Knauf Cleaneo® 8/18 Rundlochung mit Akustikvlies und Mineralwolle, Abhanghöhe 200 mm, ($\alpha_w \geq 0,65$)	4
Raum 110 (Besprechung, Ratssaal) T_N = 0,68 s	2,20 s	-	ohne zusätzliche Maßnahmen	5
	0,78 s	-	ca. 100 m² BER-Wandpaneele mit Schlitzung, Mineralwollhinterfüllung ($\alpha_w > 0,75$)	6
	0,83 s	-	ca. 125 Stk. Ecophone Solo Baffel 1200 x 600 mm	7
	0,68 s		ca. 70 m² BER-Wandpaneele mit Schlitzung, Mineralwollhinterfüllung ($\alpha_w > 0,75$) und ca. 75 Stk. Ecophone Solo Baffel 1200 x 600 mm	8

Zusammenfassung

Die Berechnungen zeigen, dass die nach DIN 18041 anzustrebenden Nachhallzeiten bzw. das anzustrebende A/V-Verhältnis unter Berücksichtigung der aufgeführten raumakustischen Maßnahmen im Soll-Zustand erreicht werden.
Generell ist auch bei der Realisierung von akustisch wirksamen Maßnahmen bei tiefen Frequenzen (125 Hz) eine etwas zu hohe Nachhallzeit zu erwarten, die jedoch noch als akzeptabel zu bewerten ist, da es generell schwer ist über alle Frequenzen eine ideale Nachhallzeit zu erreichen.
Die Materialien der schallabsorbierenden Flächen können generell sehr unterschiedlich sein. So sind z.B. ebenfalls andere Decken der Fa. OWA, Knauf oder gänzlich andere Produkte generell denkbar.
Zur Erzielung einer akzeptablen Nachhallzeit bzw. eines akzeptablen A/V-Verhältnisses sind die in den Berechnungen zugrunde gelegten Absorptionsgrade der einzelnen Konstruktionselemente mindestens gleichwertig oder besser zu realisieren. Abweichungen hiervon müssen ggf. neu beurteilt werden.

Mit freundlichen Grüßen

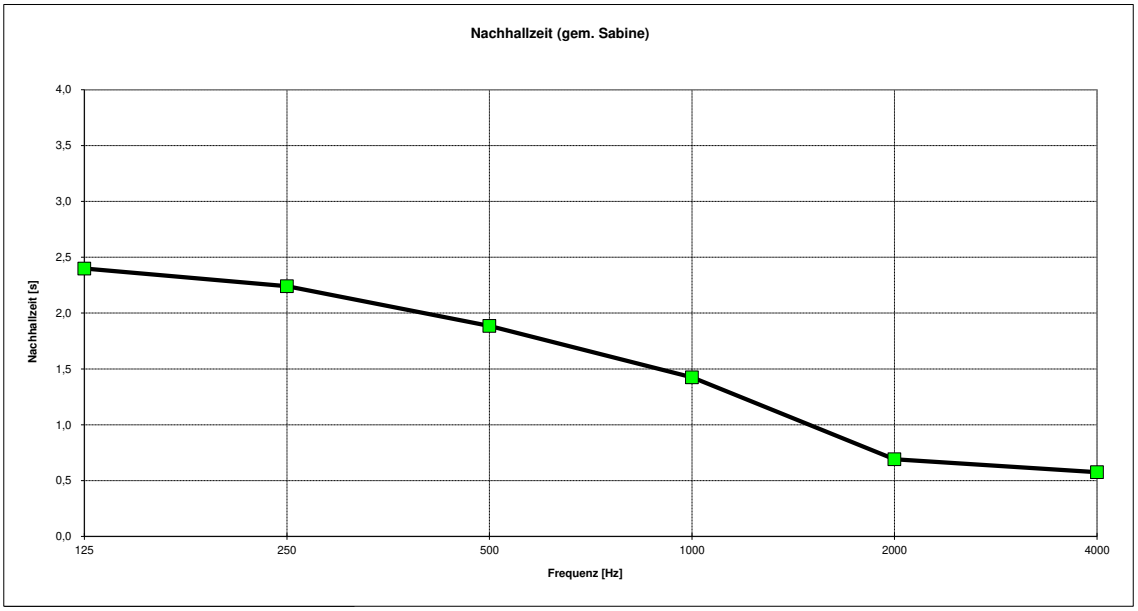
BFT Cognos GmbH
Sachverständige - Berater - Gutachter

.....
Andreas Eisenacher, M. Eng.
(staatl. anerkannter Sachverständiger
für Schall- und Wärmeschutz)

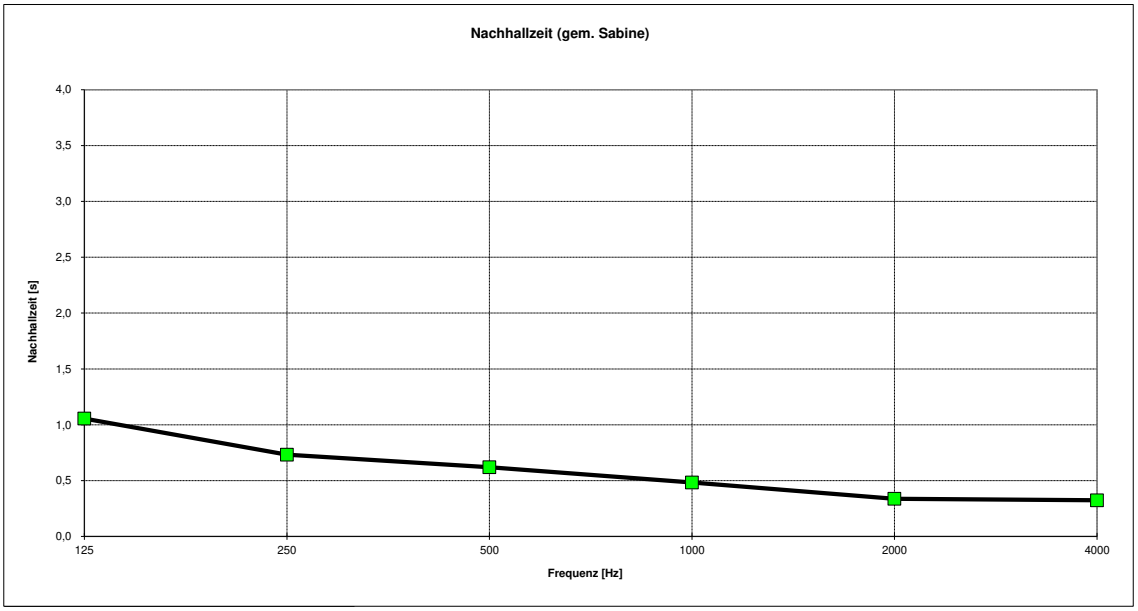
.....
i. A. Dipl.-Ing. Michael Kurzinsky
(staatl. anerkannter Sachverständiger
für Schall- und Wärmeschutz)

Anlagen: Berechnungen

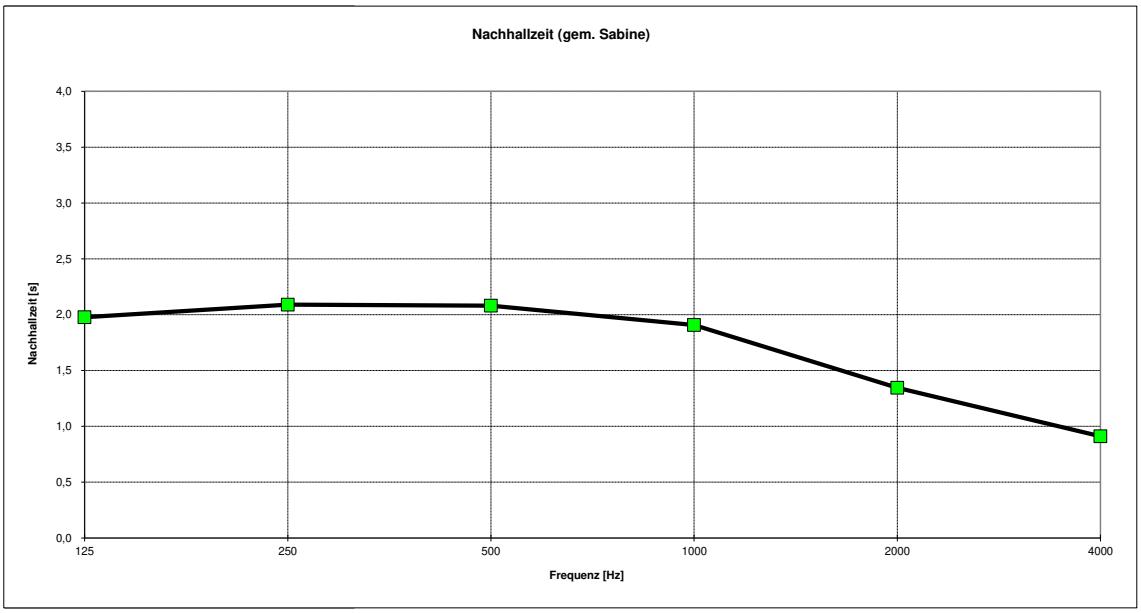
Nr.	Bezeichnung	akustisch wirksame Oberfläche	ein/aus	Fläche [m² / Stck.]	Schallabsorptionsgrad (Sabine) 125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	äquiv. Absorptionsfläche 125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
1.	Bodenfläche	Teppich bis 6 mm	x	17,4	0,02	0,04	0,08	0,14	0,41	0,38	0,3	0,7	1,4	2,4	7,1	6,6
2.	Wandfläche	Sichtbeton/ Spachtelung	x	39,9	0,02	0,03	0,04	0,05	0,07	0,08	0,8	1,2	1,6	2,0	2,8	3,2
3.	Türen	Holz	x	6,0	0,10	0,08	0,06	0,05	0,05	0,05	0,6	0,5	0,4	0,3	0,3	0,3
4.	Deckenfläche	Beton	x	17,4	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,06	0,3	0,3	0,5	0,5	0,7	1,0
5.	Deckenfläche	OWA Sternbild, Abhanghöhe 200 mm			0,30	0,50	0,60	0,75	0,85	0,80	-	-	-	-	-	-
6.	Personen	6 m²/ sitzend			0,12	0,18	0,35	0,56	0,68	0,74	-	-	-	-	-	-
7.	Stühle	Polstermöbel			0,05	0,15	0,20	0,10	0,03	0,03	-	-	-	-	-	-
8.	Fassade/ Wand	Glas	x	5,1	0,28	0,20	0,10	0,06	0,03	0,02	1,4	1,0	0,5	0,3	0,2	0,1
9.	Bücherregal	Bücherregal/ Ordner			0,30	0,39	0,39	0,31	0,29	0,21	-	-	-	-	-	-
											-	-	-	-	-	-
	Luftabsorption im Raumvolumen				8,0E-5	2,5E-4	6,5E-4	2,0E-3	6,0E-3	1,7E-2	0,0	0,1	0,1	0,4	1,3	3,6
				Anforderung A/V-Verhältnis ≥ 0,23						A	3,6	3,8	4,5	6,0	12,3	14,8
Raumhöhe	3,00 m			A/V-Verhältnis (250-2000 Hz)	0,13					A/V	0,07	0,07	0,09	0,11	0,24	0,28
Raumvolumen	52,27 m³			Mittlere Nachhallzeit	T_N =	1,54	s									
günstige obere Nachhallzeitgrenze für Sprachnutzung (ca.80% besetzt)											0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
rechnerische Nachhallzeit gem. Sabinescher Formel [s] = 0,163*V/Ages											**2,4**	**2,2**	**1,9**	**1,4**	**0,7**	**0,6**
		Oberfläche ges.	85,8	Sprache			erf. zus. Abs-fläche:				13,6	13,4	12,7	11,2	4,8	2,4



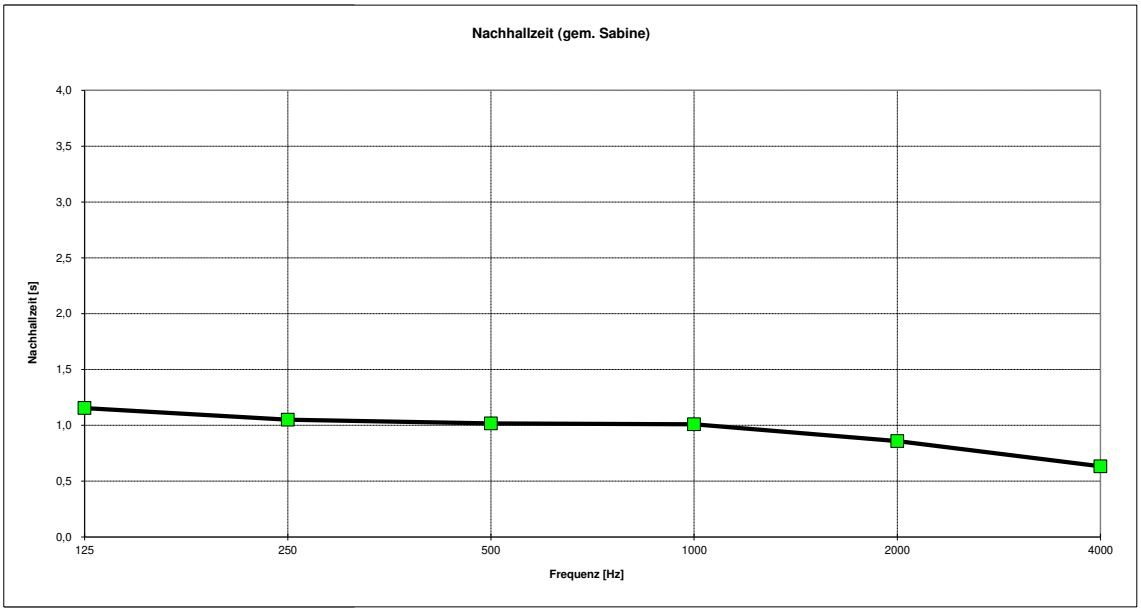
Nr.	Bezeichnung	akustisch wirksame Oberfläche	ein/aus	Fläche [m² / Stck.]	Schallabsorptionsgrad (Sabine) 125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	äquiv. Absorptionsfläche 125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
1.	Bodenfläche	Teppich bis 6 mm	x	17,4	0,02	0,04	0,08	0,14	0,41	0,38	0,3	0,7	1,4	2,4	7,1	6,6
2.	Wandfläche	Sichtbeton/ Spachtelung	x	22,5	0,02	0,03	0,04	0,05	0,07	0,08	0,4	0,7	0,9	1,1	1,6	1,8
3.	Türen	Holz	x	6,0	0,10	0,08	0,06	0,05	0,05	0,05	0,6	0,5	0,4	0,3	0,3	0,3
4.	Deckenfläche	Beton			0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,06	-	-	-	-	-	-
5.	Deckenfläche	OWA Sternbild, Abhanghöhe 200 mm	x	17,4	0,30	0,50	0,60	0,75	0,85	0,80	5,2	8,7	10,4	13,1	14,8	13,9
6.	Personen	6 m²/ sitzend			0,12	0,18	0,35	0,56	0,68	0,74	-	-	-	-	-	-
7.	Stühle	Polstermöbel			0,05	0,15	0,20	0,10	0,03	0,03	-	-	-	-	-	-
8.	Fassade/ Wand	Glas	x	5,1	0,28	0,20	0,10	0,06	0,03	0,02	1,4	1,0	0,5	0,3	0,2	0,1
9.	Bücherregal	Bücherregal/ Ordner			0,30	0,39	0,39	0,31	0,29	0,21	-	-	-	-	-	-
											-	-	-	-	-	-
	Luftabsorption im Raumvolumen				8,0E-5	2,5E-4	6,5E-4	2,0E-3	6,0E-3	1,7E-2	0,0	0,1	0,1	0,4	1,3	3,6
				Anforderung A/V-Verhältnis ≥ 0,23						A	8,1	11,6	13,7	17,6	25,2	26,3
Raumhöhe	3,00 m			A/V-Verhältnis (250-2000 Hz)				0,33		A/V	0,15	0,22	0,26	0,34	0,48	0,50
Raumvolumen	52,27 m³			Mittlere Nachhallzeit			T_N =	0,59	s							
günstige obere Nachhallzeitgrenze für Sprachnutzung (ca.80% besetzt)											0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
rechnerische Nachhallzeit gem. Sabinescher Formel [s] = 0,163*V/Ages											**1,1**	**0,7**	**0,6**	**0,5**	**0,3**	**0,3**
		Oberfläche ges.	68,4	Sprache			erf. zus. Abs-fläche:				9,1	5,6	3,4	0,0	0,0	0,0



Nr.	Bezeichnung	akustisch wirksame Oberfläche	ein/aus	Fläche [m² / Stck.]	Schallabsorptionsgrad (Sabine)						äquiv. Absorptionsfläche					
					Hz 125	Hz 250	Hz 500	Hz 1000	Hz 2000	Hz 4000	Hz 125	Hz 250	Hz 500	Hz 1000	Hz 2000	Hz 4000
1.	Bodenfläche	PVC/ Kautschuk	x	40,9	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04	0,8	0,8	1,2	1,2	1,6	1,6
2.	Wandfläche	Sichtbeton/ Spachtelung	x	105,4	0,02	0,03	0,04	0,05	0,07	0,08	2,1	3,2	4,2	5,3	7,4	8,4
3.	Türen	Holz	x	14,7	0,10	0,08	0,06	0,05	0,05	0,05	1,5	1,2	0,9	0,7	0,7	0,7
4.	Deckenfläche	Beton	x	40,9	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,06	0,8	0,8	1,2	1,2	1,6	2,5
5.	Deckenfläche	Knauf Cleaneo® 8/18 Rundlochung mit Akustikvlies und Mineralwolle			0,50	0,65	0,70	0,65	0,60	0,70	-	-	-	-	-	-
6.	Personen	6 m²/ sitzend			0,12	0,18	0,35	0,56	0,68	0,74	-	-	-	-	-	-
7.	Stühle	Polstermöbel			0,05	0,15	0,20	0,10	0,03	0,03	-	-	-	-	-	-
8.	Fassade/ Wand	Glas	x	17,3	0,28	0,20	0,10	0,06	0,03	0,02	4,8	3,5	1,7	1,0	0,5	0,3
9.	Bücherregal	Bücherregal/ Ordner			0,30	0,39	0,39	0,31	0,29	0,21	-	-	-	-	-	-
											-	-	-	-	-	-
	Luftabsorption im Raumvolumen				8,0E-5	2,5E-4	6,5E-4	2,0E-3	6,0E-3	1,7E-2	0,0	0,1	0,3	1,0	2,9	8,3
				Anforderung A/V-Verhältnis ≥ 0,14						A	10,1	9,6	9,6	10,5	14,8	21,9
Raumhöhe	3,00 m			A/V-Verhältnis (250-2000 Hz)	0,09					A/V	0,08	0,08	0,08	0,09	0,12	0,18
Raumvolumen	122,56 m³			Mittlere Nachhallzeit	T_N = 1,72 s											
günstige obere Nachhallzeitgrenze für Sprachnutzung (ca.80% besetzt)											0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
rechnerische Nachhallzeit gem. Sabinescher Formel [s] = 0,163*V/Ages											**2,0**	**2,1**	**2,1**	**1,9**	**1,3**	**0,9**
	Oberfläche ges.	219,1	Sprache		erf. zus. Abs-fläche:						21,5	22,0	22,0	21,1	16,7	9,6

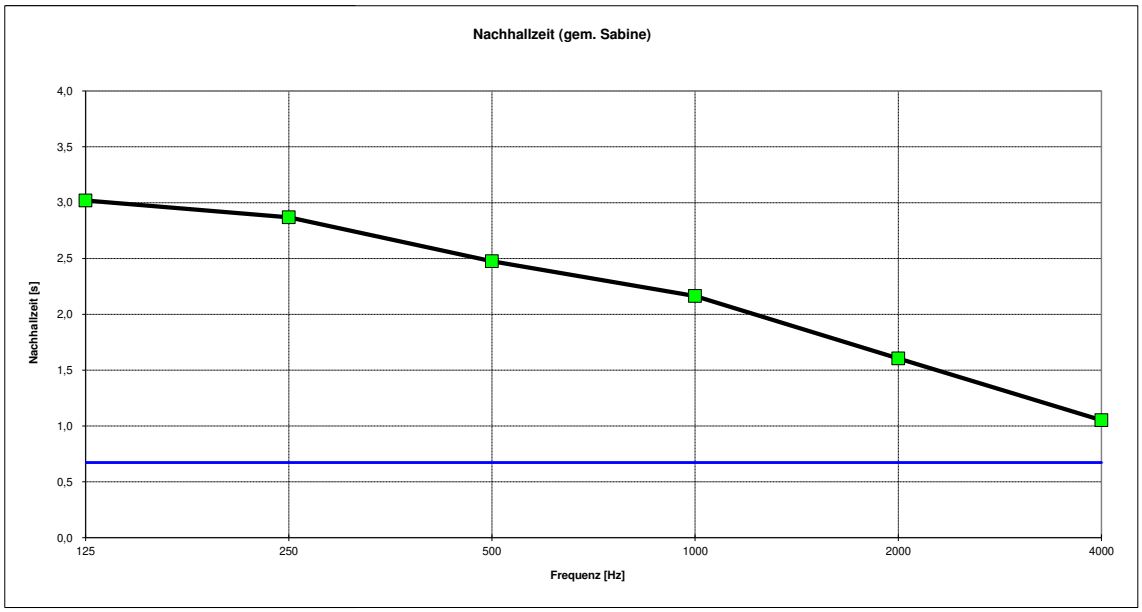


Nr.	Bezeichnung	akustisch wirksame Oberfläche	ein/aus	Fläche [m² / Stck.]	Schallabsorptionsgrad (Sabine)						äquiv. Absorptionsfläche					
					Hz 125	Hz 250	Hz 500	Hz 1000	Hz 2000	Hz 4000	Hz 125	Hz 250	Hz 500	Hz 1000	Hz 2000	Hz 4000
1.	Bodenfläche	PVC/ Kautschuk	x	40,9	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04	0,8	0,8	1,2	1,2	1,6	1,6
2.	Wandfläche	Sichtbeton/ Spachtelung	x	105,4	0,02	0,03	0,04	0,05	0,07	0,08	2,1	3,2	4,2	5,3	7,4	8,4
3.	Türen	Holz	x	14,7	0,10	0,08	0,06	0,05	0,05	0,05	1,5	1,2	0,9	0,7	0,7	0,7
4.	Deckenfläche	Beton	x	25,9	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,06	0,5	0,5	0,8	0,8	1,0	1,6
5.	Deckenfläche	Knauf Cleaneo® 8/18 Rundlochung mit Akustikvlies und Mineralwolle	x	15,0	0,50	0,65	0,70	0,65	0,60	0,70	7,5	9,8	10,5	9,8	9,0	10,5
6.	Personen	6 m²/ sitzend			0,12	0,18	0,35	0,56	0,68	0,74	-	-	-	-	-	-
7.	Stühle	Polstermöbel			0,05	0,15	0,20	0,10	0,03	0,03	-	-	-	-	-	-
8.	Fassade/ Wand	Glas	x	17,3	0,28	0,20	0,10	0,06	0,03	0,02	4,8	3,5	1,7	1,0	0,5	0,3
9.	Bücherregal	Bücherregal/ Ordner			0,30	0,39	0,39	0,31	0,29	0,21	-	-	-	-	-	-
											-	-	-	-	-	-
	Luftabsorption im Raumvolumen				8,0E-5	2,5E-4	6,5E-4	2,0E-3	6,0E-3	1,7E-2	0,0	0,1	0,3	1,0	2,9	8,3
				Anforderung A/V-Verhältnis ≥ 0,14						A	17,3	19,0	19,6	19,8	23,2	31,5
Raumhöhe	3,00 m			A/V-Verhältnis (250-2000 Hz)	0,17					A/V	0,14	0,16	0,16	0,16	0,19	0,26
Raumvolumen	122,56 m³			Mittlere Nachhallzeit	T_N = 0,95 s											
günstige obere Nachhallzeitgrenze für Sprachnutzung (ca.80% besetzt)											0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
rechnerische Nachhallzeit gem. Sabinescher Formel [s] = 0,163*V/Ages											**1,2**	**1,1**	**1,0**	**1,0**	**0,9**	**0,6**
		Oberfläche ges.	219,1	Sprache				erf. zus. Abs-fläche:			14,3	12,6	11,9	11,8	8,3	0,0

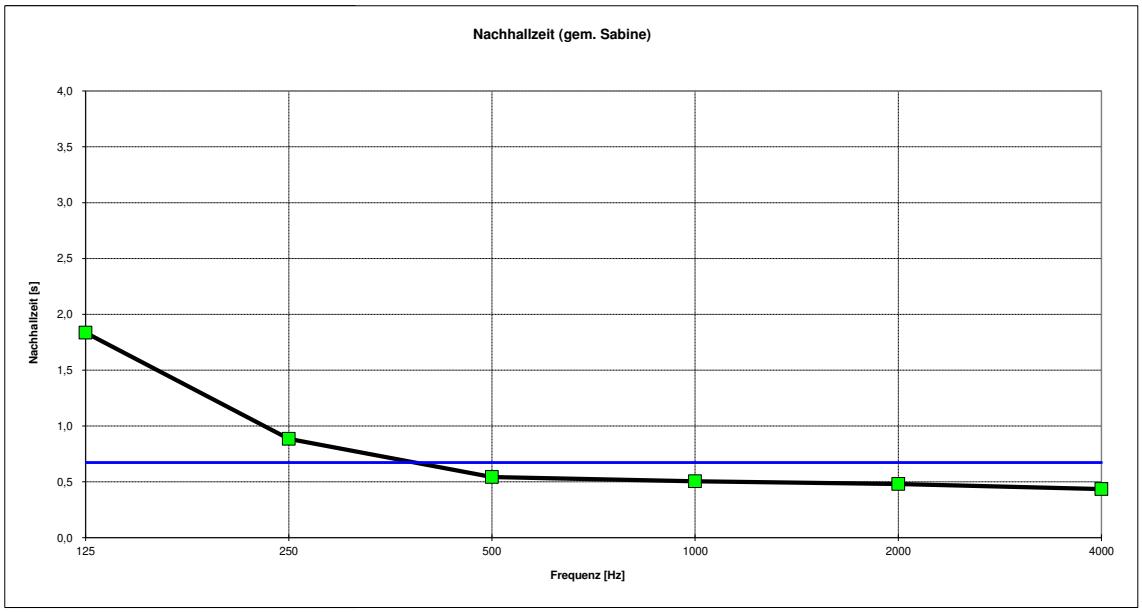


Nr.	Bezeichnung	akustisch wirksame Oberfläche	ein/aus	Fläche [m² / Stck.]	Schallabsorptionsgrad (Sabine)						äquiv. Absorptionsfläche					
					Hz 125	Hz 250	Hz 500	Hz 1000	Hz 2000	Hz 4000	Hz 125	Hz 250	Hz 500	Hz 1000	Hz 2000	Hz 4000
1.	Bodenfläche	Parkett	x	95,7	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04	1,9	1,9	2,9	2,9	3,8	3,8
2.	Wandfläche	Sichtbeton/ Spachtelung	x	138,9	0,02	0,03	0,04	0,05	0,07	0,08	2,8	4,2	5,6	6,9	9,7	11,1
3.	Türen	Holz	x	10,4	0,10	0,08	0,06	0,05	0,05	0,05	1,0	0,8	0,6	0,5	0,5	0,5
4.	Deckenfläche	Beton	x	95,7	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,06	1,9	1,9	2,9	2,9	3,8	5,7
5.	Wandfläche	BER Holz-F Typ L 8-16, 17mm, V+30MW, Aufbau 50mm; geprüft			0,17	0,56	1,00	1,01	0,74	0,70	-	-	-	-	-	-
6.	Deckenfläche				0,55	0,58	0,62	0,75	0,78	0,63	-	-	-	-	-	-
7.	Personen	6 m²/ sitzend	x	20,0	0,12	0,18	0,35	0,56	0,68	0,74	2,4	3,6	7,0	11,2	13,6	14,8
8.	Stühle	Polstermöbel mit Lederbezug	x	20,0	0,05	0,15	0,20	0,10	0,03	0,03	1,0	3,0	4,0	2,0	0,6	0,6
9.	Fassade	Glas	x	43,1	0,28	0,20	0,10	0,06	0,03	0,02	12,1	8,6	4,3	2,6	1,3	0,9
											-	-	-	-	-	-
	Luftabsorption im Raumvolumen				8,0E-5	2,5E-4	6,5E-4	2,0E-3	6,0E-3	1,7E-2	0,1	0,4	1,1	3,4	10,3	29,3
										A	23,2	24,5	28,4	32,4	43,7	66,8
Raumhöhe	4,50 m	A/V-Verhältnis (250-2000 Hz)	0,07							A/V	0,05	0,06	0,07	0,08	0,10	0,16
Raumvolumen	430,65 m³	Mittlere Nachhallzeit	T_N =	2,20 s												
günstige obere Nachhallzeitgrenze für Sprachnutzung (ca.80% besetzt)											0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
rechnerische Nachhallzeit gem. Sabinescher Formel [s] = 0,163*V/Ages											**3,0**	**2,9**	**2,5**	**2,2**	**1,6**	**1,1**

	Oberfläche ges.	423,8	Sprache	erf. zus. Abs-fläche:	81,1	79,8	76,0	71,9	60,6	37,6



Nr.	Bezeichnung	akustisch wirksame Oberfläche	ein/aus	Fläche [m² / Stck.]	Schallabsorptionsgrad (Sabine)						äquiv. Absorptionsfläche					
					Hz 125	Hz 250	Hz 500	Hz 1000	Hz 2000	Hz 4000	Hz 125	Hz 250	Hz 500	Hz 1000	Hz 2000	Hz 4000
1.	Bodenfläche	Teppich bis 6 mm	x	95,7	0,02	0,04	0,08	0,14	0,41	0,38	1,9	3,8	7,7	13,4	39,2	36,4
2.	Wandfläche	Sichtbeton/ Spachtelung	x	38,9	0,02	0,03	0,04	0,05	0,07	0,08	0,8	1,2	1,6	1,9	2,7	3,1
3.	Türen	Holz	x	10,4	0,10	0,08	0,06	0,05	0,05	0,05	1,0	0,8	0,6	0,5	0,5	0,5
4.	Deckenfläche	Beton	x	95,7	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,06	1,9	1,9	2,9	2,9	3,8	5,7
5.	Wandfläche	BER Holz-F Typ L 8-16, 17mm, V+30MW, Aufbau 50mm; geprüft	x	100,0	0,17	0,56	1,00	1,01	0,74	0,70	17,0	56,0	100,0	101,0	74,0	70,0
6.	Deckenfläche				0,55	0,58	0,62	0,75	0,78	0,63	-	-	-	-	-	-
7.	Personen	6 m²/ sitzend	x	20,0	0,12	0,18	0,35	0,56	0,68	0,74	2,4	3,6	7,0	11,2	13,6	14,8
8.	Stühle	Polstermöbel mit Lederbezug	x	20,0	0,05	0,15	0,20	0,10	0,03	0,03	1,0	3,0	4,0	2,0	0,6	0,6
9.	Fassade	Glas	x	43,1	0,28	0,20	0,10	0,06	0,03	0,02	12,1	8,6	4,3	2,6	1,3	0,9
											-	-	-	-	-	-
	Luftabsorption im Raumvolumen				8,0E-5	2,5E-4	6,5E-4	2,0E-3	6,0E-3	1,7E-2	0,1	0,4	1,1	3,4	10,3	29,3
										A	38,2	79,4	129,1	139,0	146,1	161,3
Raumhöhe	4,50 m	A/V-Verhältnis (250-2000 Hz)	0,29							A/V	0,09	0,18	0,30	0,32	0,34	0,37
Raumvolumen	430,65 m³	Mittlere Nachhallzeit	T_N =	0,78 s												
günstige obere Nachhallzeitgrenze für Sprachnutzung (ca.80% besetzt)											0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
rechnerische Nachhallzeit gem. Sabinescher Formel [s] = 0,163*V/Ages											**1,8**	**0,9**	**0,5**	**0,5**	**0,5**	**0,4**
		Oberfläche ges.	423,8	Sprache		erf. zus. Abs-fläche:					66,1	24,9	0,0	0,0	0,0	0,0

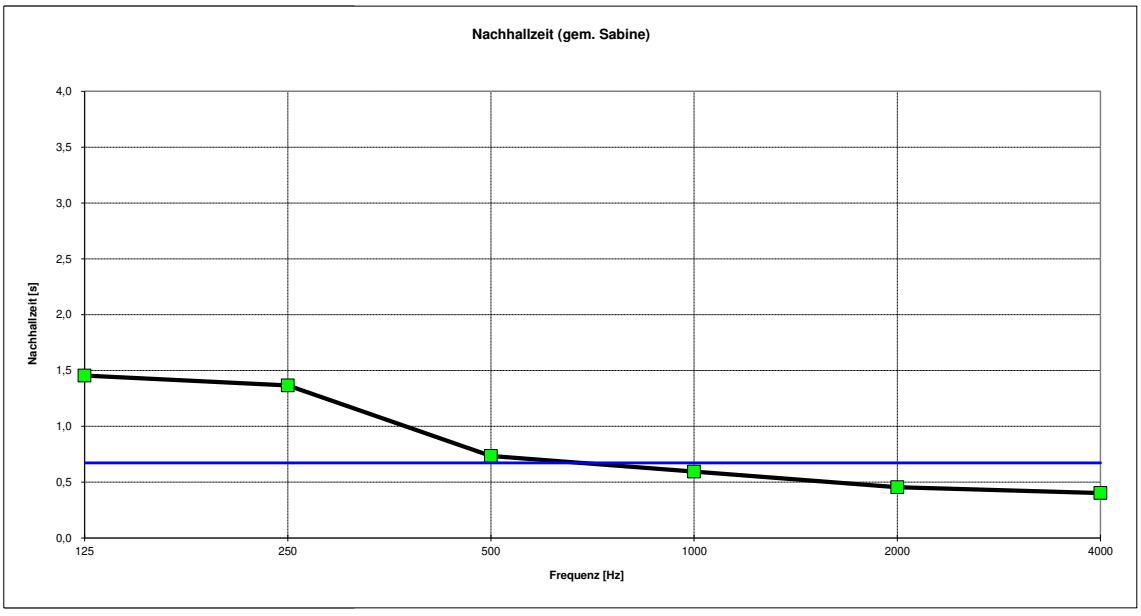


Nr.	Bezeichnung	akustisch wirksame Oberfläche	ein/aus	Fläche [m² / Stck.]	Schallabsorptionsgrad (Sabine)						äquiv. Absorptionsfläche					
					Hz 125	Hz 250	Hz 500	Hz 1000	Hz 2000	Hz 4000	Hz 125	Hz 250	Hz 500	Hz 1000	Hz 2000	Hz 4000
1.	Bodenfläche	Teppich bis 6 mm	x	95,7	0,02	0,04	0,08	0,14	0,41	0,38	1,9	3,8	7,7	13,4	39,2	36,4
2.	Wandfläche	Sichtbeton/ Spachtelung	x	138,9	0,02	0,03	0,04	0,05	0,07	0,08	2,8	4,2	5,6	6,9	9,7	11,1
3.	Türen	Holz	x	10,4	0,10	0,08	0,06	0,05	0,05	0,05	1,0	0,8	0,6	0,5	0,5	0,5
4.	Deckenfläche	Beton	x	95,7	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,06	1,9	1,9	2,9	2,9	3,8	5,7
5.	Deckenfläche	Ecophone Solo Baffel, 1200 x 600 mm	x	125,0	0,20	0,20	0,50	0,60	0,60	0,60	25,0	25,0	62,5	75,0	75,0	75,0
6.	Deckenfläche				0,55	0,58	0,62	0,75	0,78	0,63	-	-	-	-	-	-
7.	Personen	6 m²/ sitzend	x	20,0	0,12	0,18	0,35	0,56	0,68	0,74	2,4	3,6	7,0	11,2	13,6	14,8
8.	Stühle	Polstermöbel mit Lederbezug	x	20,0	0,05	0,15	0,20	0,10	0,03	0,03	1,0	3,0	4,0	2,0	0,6	0,6
9.	Fassade	Glas	x	43,1	0,28	0,20	0,10	0,06	0,03	0,02	12,1	8,6	4,3	2,6	1,3	0,9
											-	-	-	-	-	-
	Luftabsorption im Raumvolumen				8,0E-5	2,5E-4	6,5E-4	2,0E-3	6,0E-3	1,7E-2	0,1	0,4	1,1	3,4	10,3	29,3
										A	48,2	51,4	95,6	118,0	154,1	174,3
										A/V	0,11	0,12	0,22	0,27	0,36	0,40

Raumhöhe	4,50 m
Raumvolumen	430,65 m³

A/V-Verhältnis (250-2000 Hz)	**0,24**
Mittlere Nachhallzeit	**T_N = 0,83 s**

günstige obere Nachhallzeitgrenze für Sprachnutzung (ca.80% besetzt)							0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
rechnerische Nachhallzeit gem. Sabinescher Formel [s] = 0,163*V/Ages							**1,5**	**1,4**	**0,7**	**0,6**	**0,5**	**0,4**
	Oberfläche ges.	548,8	Sprache	erf. zus. Abs-fläche:			56,1	52,9	8,7	0,0	0,0	0,0



Nr.	Bezeichnung	akustisch wirksame Oberfläche	ein/aus	Fläche [m² / Stck.]	Schallabsorptionsgrad (Sabine)						äquiv. Absorptionsfläche					
					125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
1.	Bodenfläche	Teppich bis 6 mm	x	95,7	0,02	0,04	0,08	0,14	0,41	0,38	1,9	3,8	7,7	13,4	39,2	36,4
2.	Wandfläche	Sichtbeton/ Spachtelung	x	68,9	0,02	0,03	0,04	0,05	0,07	0,08	1,4	2,1	2,8	3,4	4,8	5,5
3.	Türen	Holz	x	10,4	0,10	0,08	0,06	0,05	0,05	0,05	1,0	0,8	0,6	0,5	0,5	0,5
4.	Deckenfläche	Beton	x	95,7	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,06	1,9	1,9	2,9	2,9	3,8	5,7
5.	Deckenfläche	Ecophone Solo Baffel, 1200 x 600 mm	x	75,0	0,20	0,20	0,50	0,60	0,60	0,60	15,0	15,0	37,5	45,0	45,0	45,0
6.	Wandfläche	BER Holz-F Typ L 8-16, 17mm, V+30MW, Aufbau 50mm; geprüft	x	70,0	0,17	0,56	1,00	1,01	0,74	0,70	11,9	39,2	70,0	70,7	51,8	49,0
7.	Personen	6 m²/ sitzend	x	20,0	0,12	0,18	0,35	0,56	0,68	0,74	2,4	3,6	7,0	11,2	13,6	14,8
8.	Stühle	Polstermöbel mit Lederbezug	x	20,0	0,05	0,15	0,20	0,10	0,03	0,03	1,0	3,0	4,0	2,0	0,6	0,6
9.	Fassade	Glas	x	43,1	0,28	0,20	0,10	0,06	0,03	0,02	12,1	8,6	4,3	2,6	1,3	0,9
											-	-	-	-	-	-
	Luftabsorption im Raumvolumen				8,0E-5	2,5E-4	6,5E-4	2,0E-3	6,0E-3	1,7E-2	0,1	0,4	1,1	3,4	10,3	29,3
										A	48,7	78,5	137,8	155,2	171,0	187,7
										A/V	0,11	0,18	0,32	0,36	0,40	0,44

Raumhöhe	4,50 m
Raumvolumen	430,65 m³

A/V-Verhältnis (250-2000 Hz)	**0,31**
Mittlere Nachhallzeit	**T_N = 0,68 s**

günstige obere Nachhallzeitgrenze für Sprachnutzung (ca.80% besetzt)					0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
rechnerische Nachhallzeit gem. Sabinescher Formel [s] = 0,163*V/Ages					**1,4**	**0,9**	**0,5**	**0,5**	**0,4**	**0,4**

	Oberfläche ges.	498,8	Sprache	erf. zus. Abs-fläche:	55,6	25,8	0,0	0,0	0,0	0,0

