



NACHWEIS ZUR RAUMAKUSTIK

Modellprojekt Schulbau in Bendeleben

21. Juni 2023



NACHWEIS ZUR RAUMAKUSTIK IM RAHMEN DER GENEHMIGUNGSPLANUNG

Projekt

Modellprojekt Schulbau in Bendeleben
Burgstraße 3, 99706 Bendeleben

Bauherr / Auftraggeber

Landratsamt Kyffhäuserkreis
Markt 8, 99706 Sondershausen

Architekten

DGJ Architektur GmbH
Walter-Kolb-Straße 22, 60594 Frankfurt am Main

Bearbeiter / Projektleiter

Andreas Türk, B.Eng. / Dipl.-Ing. (FH) Steffen Landrock
Graner Ingenieure GmbH
Springerstraße 11, 04105 Leipzig
Tel. 0341 | 98 97 03 45 Bearbeiter
0341 | 98 97 03 00 Zentrale
E-Mail tuerk@graner-leipzig.de
buero@graner-leipzig.de

Projektnummer

1717

Datum

21. Juni 2023



INHALTSVERZEICHNIS

1.	AUFGABENSTELLUNG	5
2.	PLANUNGSGRUNDLAGEN	6
2.1	VERWENDETE UNTERLAGEN	6
2.2	NORMEN UND LITERATUR	6
3.	ANFORDERUNGEN AN DIE RAUMAKUSTIK	7
3.1	ANFORDERUNGEN NACH DIN 18041	8
3.2	ANFORDERUNGEN NACH ASR A3.7	14
3.3	EINSTUFUNG DER RÄUME BEI DEM VORLIEGENDEN OBJEKT	15
4.	BERECHNUNGSVERFAHREN	16
4.1	NACHHALLZEIT	16
4.2	A/V – VERHÄLTNIS	17
5.	RAUMAKUSTISCHE MASSNAHMEN / BERECHNUNGSERGEBNISSE	18
5.1	HORTRAUM / SPEISERAUM / MEHRZWECKRAUM	18
5.2	KLASSENRÄUME UND WERKRAUM	19
5.3	DIFFERENZIERUNGSRÄUME	21
5.4	HORTRÄUME	23
5.5	SPORTHALLE	25
5.6	LEHRERZIMMER	26
5.7	BÜRORÄUME UND ÄHNLICHE ARBEITSRÄUME	27
5.8	FLUR / VERKEHRSFLÄCHEN	28
5.9	ANDERE RÄUME	28
6.	ZUSAMMENFASSUNG	29



ANLAGEN

- | | |
|-----------------|---|
| ANLAGE 1 | Berechnung der Nachhallzeit – Hortraum / Speiseraum / MZR |
| ANLAGE 2 | Berechnung der Nachhallzeit – Klassenraum |
| ANLAGE 3 | Berechnung der Nachhallzeit – Differenzierungsraum |
| ANLAGE 4 | Berechnung der Nachhallzeit – Hortraum |
| ANLAGE 5 | Berechnung der Nachhallzeit – Einfeldhalle |
| ANLAGE 6 | Berechnung der Nachhallzeit – Lehrerzimmer |
| ANLAGE 7 | Berechnung der Nachhallzeit – Büroräume |
| ANLAGE 8 | Berechnung des A/V-Verhältnis – Flur / Lernflur |

1. AUFGABENSTELLUNG

Für das Modellprojekt Schulbau in Bendeleben sind im Rahmen dieses Gutachtens die Anforderungen hinsichtlich der Raumakustik zu formulieren und Maßnahmen für deren Umsetzung zu erarbeiten. Planerische Grundlage bilden die Anforderungen bzw. Empfehlungen der **DIN 18041:2016-03** sowie die Zielwerte gemäß **Technischer Regeln für Arbeitsstätten (ASR A3.7)**.

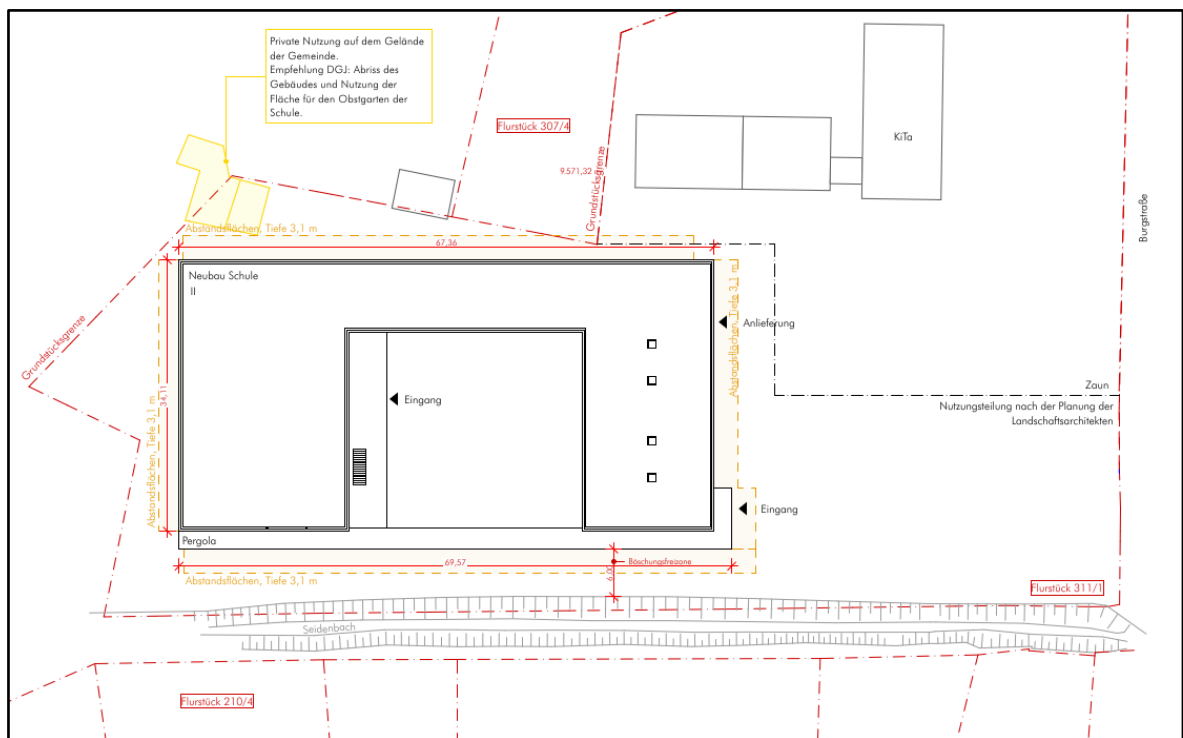


BILD 1: Lageplan (Quelle: DGJ Architektur GmbH)



2. PLANUNGSGRUNDLAGEN

2.1 VERWENDETE UNTERLAGEN

Plansatz zur Entwurfsplanung, DGJ Architektur GmbH:

- Grundriss M 1:100, Stand 25.05.2023
- Schnitte M 1:100, Stand 25.05.2023

2.2 NORMEN UND LITERATUR

- [1] DIN 18041, Hörsamkeit in Räumen - Anforderungen, Empfehlungen und Hinweise für die Planung, 2016
- [2] Technische Regeln für Arbeitsstätten – Lärm, ASR A3.7, 2021



3. ANFORDERUNGEN AN DIE RAUMAKUSTIK

Das klassische Kriterium für die Beurteilung der akustischen Qualität von Räumen ist die Nachhallzeit. Da sie einfach zu messen bzw. zu berechnen ist und außerdem gut etablierte Werte für anzustrebende Nachhallzeiten existieren, gehört sie zu den wichtigsten raumakustischen Planungsinstrumenten. Sie ist als die Zeit definiert, die nach einem Schallimpuls vergeht, bis der Pegel um 60 dB abgefallen ist. Subjektiv korreliert sie mit der „Halligkeit“ eines Raumes. Die Nachhallzeit hängt eng mit anderen raumakustischen Parametern wie z.B. der Sprachverständlichkeit zusammen. Ein vorrangiges Ziel raumakustischer Planungen ist die Optimierung der Nachhallzeit für die jeweilige Nutzung durch die Wahl geeigneter schallabsorbierender Materialien an den Decken und Wänden. Bei den für den jeweiligen Zweck angepassten Nachhallzeiten werden i.Allg. alle weiteren Anforderungen an die Raumakustik erfüllt (z.B. hinsichtlich der Tauglichkeit des Raumes für sprachliche Kommunikation oder einen guten Raumklang).

Üblicherweise erfolgt die Berechnung der Nachhallzeit nach den vereinfachten Verfahren von Wallace C. Sabine oder Eyring, wobei hauptsächlich die Absorptionsgrade und Flächeninhalte der raumbegrenzenden Flächen eingehen. Voraussetzung für die Anwendbarkeit ist, dass die Räume eine einfache Geometrie sowie eine relativ gleichmäßige Verteilung absorbierender Flächen aufweisen und sich damit ein näherungsweise diffuses Schallfeld ausbildet.

Bei komplizierteren Räumen oder komplexeren Anforderungen an die Raumakustik (z.B. Sporthallen, Hörsäle, Mehrzweckhallen usw.) werden Simulationsverfahren heran gezogen, die genauere Ergebnisse und zusätzliche Informationen zu weiteren akustischen Parametern (z.B. Sprachverständlichkeiten) liefern.



3.1 ANFORDERUNGEN NACH DIN 18041

Anforderungen bzw. Empfehlungen für raumakustische Maßnahmen sind in der DIN 18041:2016-03 (Hörsamkeit in Räumen - Anforderungen, Empfehlungen und Hinweise für die Planung) vorgegeben. In dieser Norm wird zwischen Anforderungen an die Hörsamkeit über mittlere und größere Entfernungen („Räume der Gruppe A“), die verbindlich einzuhalten sind, und Empfehlungen für die Hörsamkeit über geringe Entfernungen („Räume der Gruppe B“) unterschieden.

Anforderungen für Räume der Gruppe A

Das Ziel raumakustischer Maßnahmen in diesen Räumen besteht darin, eine gute "Hörsamkeit über *mittlere und größere* Entfernungen" zu gewährleisten. Mit Hörsamkeit im Sinne der DIN 18041:2016-03 ist die Eignung eines Raumes für sprachliche Kommunikation oder musikalische Darbietungen gemeint. Die konkreten Anforderungen an die Nachhallzeit hängen von der jeweiligen Raumgröße und Nutzung ab und sind den entsprechenden Diagrammen der DIN 18041:2016-03 (siehe **BILD 2** und **BILD 3**) zu entnehmen. Die Anforderungen an die Nachhallzeit beziehen sich auf den besetzten Zustand (Besetzungsgrad: 80% der Regelbesetzung) des jeweiligen Raumes.

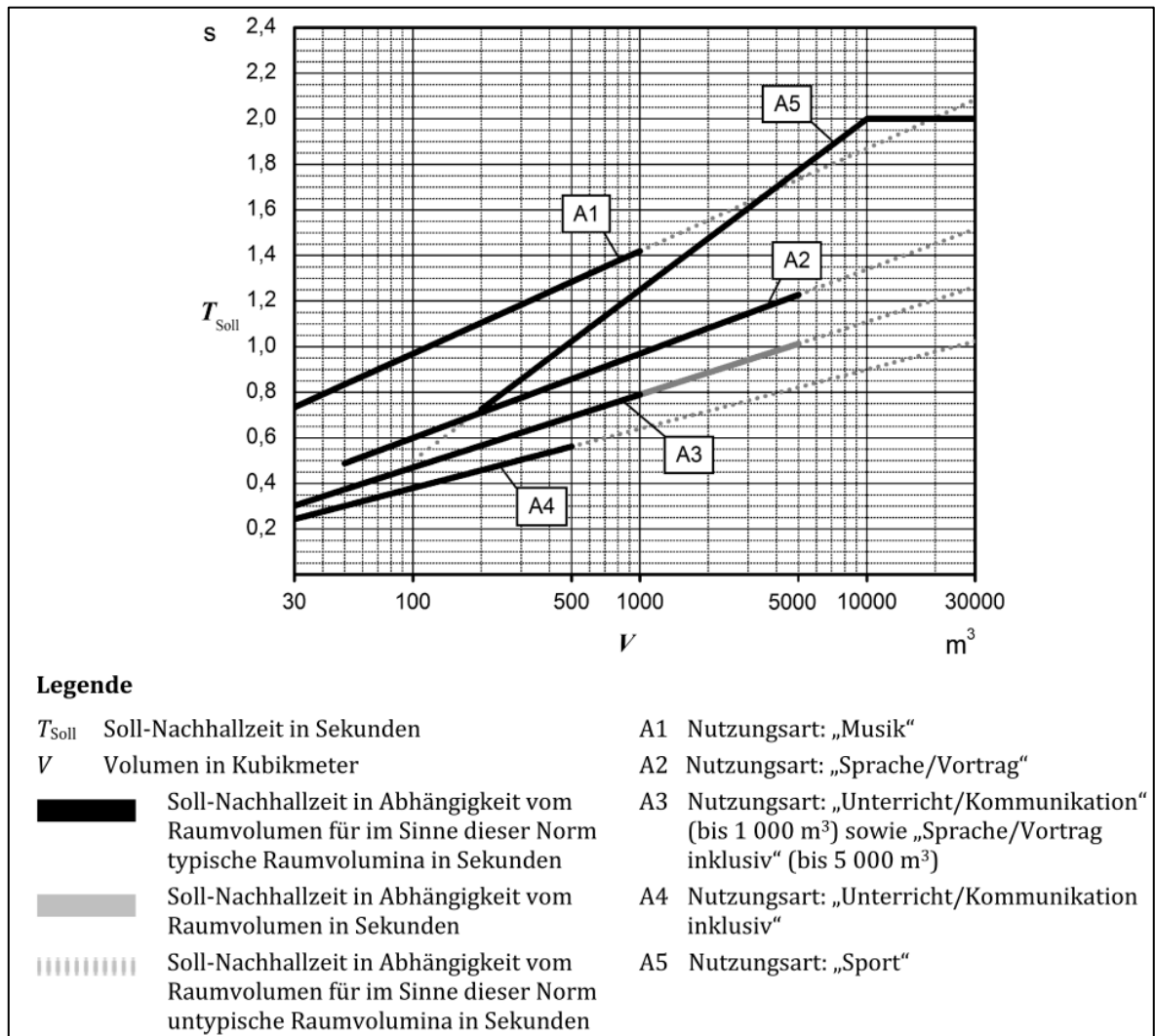


BILD 2: Anforderungen an Nachhallzeiten nach DIN 18041:2016-03

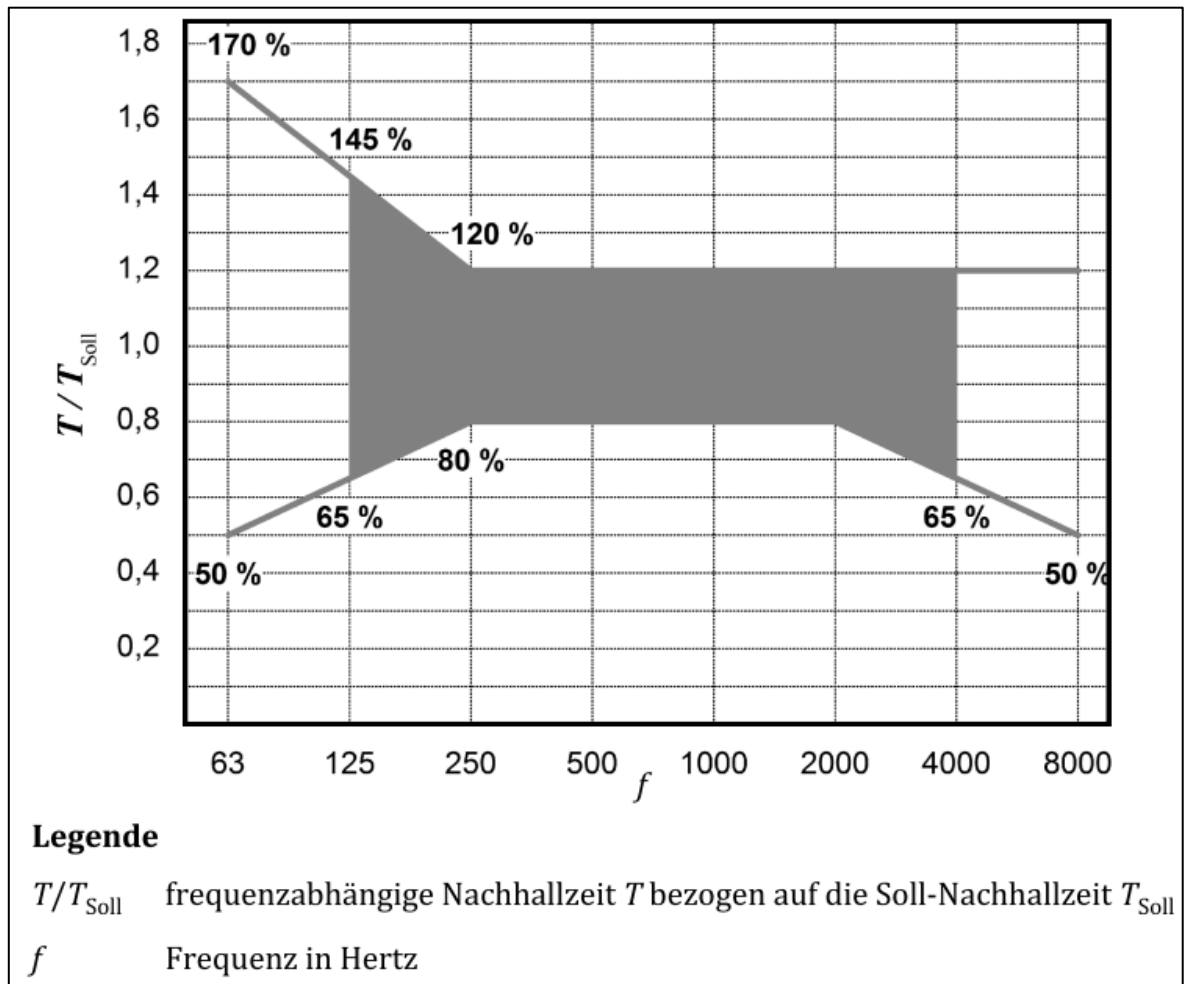


BILD 3: Toleranzbereich für Nachhallzeiten nach DIN 18041:2016-03

Räume der Gruppe A nach DIN 18041:2016-03 sind beispielsweise:

- Unterrichtsräume, Hörsäle
- Gruppenräume in Kindergärten
- Seminar-, Versamlungs-, Konferenzräume
- Rats-, Gerichtssäle
- Sport- und Schwimmhallen mit Publikum

Eine genaue Auflistung ist in **TABELLE 1** dargestellt.



TABELLE 1: Nutzungsarten für die Räume der Gruppe A

Nutzungsart	Kurzbezeichnung und Beschreibung der Nutzungsart	Subjektive Wahrnehmung	Beispiele
A1	„Musik“ Vorwiegend musikalische Darbietung	Gute Hörsamkeit für unverstärkte Musik. Sprachliche Darbietungen sind nur mit gewissen Einschränkungen der Sprachverständlichkeit möglich.	Musikraum mit aktivem Musizieren und Gesang
A2	„Sprach/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 Versamlungsraum Schulaula
A3	„Sprache/Vortrag inklusiv“ Räume der Nutzungsart A2 für Personen, die 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 Versamlungsraum Schulaula
	„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	„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 500m 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	„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 Landesgesetzen zu entnehmen.			



Empfehlungen für Räume der Gruppe B

Hier steht primär die Bedämpfung von Grundgeräuschpegeln im Vordergrund, um "eine dem Zweck angepasste Sprachkommunikation über *geringe* Entfernungen" zu ermöglichen. Gemeint ist damit eine hinreichende Sprachverständlichkeit von Person zu Person. Das Ziel ist nicht, eine gute Sprachverständlichkeit für eine größere Zuhörerschaft - wie z.B. im Unterricht oder in Konferenzräumen - zu erreichen.

In Räumen der Gruppe B werden Empfehlungen für das Verhältnis der äquivalenten Schallabsorptionsfläche A des Raumes zum Raumvolumen V im Frequenzbereich von 250 Hz bis 2000 Hz angegeben (siehe **TABELLE 2**). Die konkreten Anforderungen an das A/V -Verhältnis hängen von der jeweiligen Raumhöhe und Nutzung ab.

Räume der Gruppe B nach DIN 18041:2016-03 sind beispielsweise:

- Foyers, Eingangsbereiche, Flure
- Lesesäle und Leihstellen in Bibliotheken
- Büroräume
- Gaststätten, Verkaufsräume
- öffentliche Publikumsbereiche

Eine genaue Auflistung ist in **TABELLE 3** dargestellt.

TABELLE 2: Empfehlungen für Mindestwerte der A/V -Verhältnisse

Nutzungsart	bei Raumhöhen $h \leq 2,5$ m m^2 / m^3	bei Raumhöhen $h > 2,5$ m m^2 / m^3
B1	ohne Anforderung	ohne Anforderung
B2	$A/V \geq 0,15$	$A/V \geq [4,80 + 4,69 \lg (h/1 \text{ m})]^{-1}$ (7)
B3	$A/V \geq 0,20$	$A/V \geq [3,13 + 4,69 \lg (h/1 \text{ m})]^{-1}$ (8)
B4	$A/V \geq 0,25$	$A/V \geq [2,13 + 4,69 \lg (h/1 \text{ m})]^{-1}$ (9)
B5	$A/V \geq 0,30$	$A/V \geq [1,47 + 4,69 \lg (h/1 \text{ m})]^{-1}$ (10)
Dabei ist A die äquivalente Schallabsorptionsfläche eines Raums in Quadratmetern V das Raumvolumen in Kubikmetern h die lichte Raumhöhe in Meter		



TABELLE 3: Nutzungsarten für Räume der Gruppe B

Nutzungsart	Beschreibung	Beispiele
B1	Räume ohne Aufenthaltsqualität	Eingangshallen, Flure, Treppenhäuser u.ä. als reine Verkehrsfläche (ausgenommen Verkehrsfläche 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), Verkehrsflächen in Schulen, Kindertageseinrichtungen (Kindergarten, Kinderkrippe, Hort, etc.), Verkehrsflächen mit Aufenthaltsqualität in Krankenhäusern und Pflegeeinrichtungen (z.B. offene Wartezonen), Patientenwarteräume, Pausenräume, Bettenzimmer, 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 ^a , 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.		



3.2 ANFORDERUNGEN NACH ASR A3.7

Zusätzlich zu den Anforderungen der DIN 18041:2016-03 werden in „Technische Regeln für Arbeitsstätten – Lärm (ASR A3.7)“, Abschnitt 5.2.1 raumakustische Zielwerte für Büroräume genannt. Dort werden Anforderungen an die Nachhallzeiten in Büroräumen in Abhängigkeit der Nutzungsart gestellt.

Für die jeweilige Nutzung gelten demnach folgende Werte in den Oktavbändern von 250 Hz bis 2000 Hz:

- | | |
|------------------------------------|------------------------|
| - Callcenter | $T \leq 0,5 \text{ s}$ |
| - Mehrpersonen- und Großraumbüros: | $T \leq 0,6 \text{ s}$ |
| - Ein- und Zweipersonenbüros: | $T \leq 0,8 \text{ s}$ |

Für alle weiteren Arbeitsräume mit Sprachkommunikation ist nach Abschnitt 5.2.3 ein mittlerer Schallabsorptionsgrad von $\alpha \geq 0,30$ (250 bis 2000 Hz) für den eingerichteten Raum anzustreben.

Für Räume in Bildungsstätten werden in „Technische Regeln für Arbeitsstätten – Lärm (ASR A3.7)“, Abschnitt 5.2.2 raumvolumenabhängige Anforderungen an die Nachhallzeit in den Oktavbändern von 250 bis 2000 Hz gestellt. Die genannten Anforderungen entsprechen denen der DIN 18041:2016-03 für Räume der Gruppe A3 (Unterricht / Kommunikation), nur in einem eingeschränkteren Frequenzbereich. Werden Unterrichtsräume nach DIN 18041:2016-03 ausgelegt, sind die Anforderungen der ASR A3.7 ebenso berücksichtigt. Die Anforderungen gelten nicht für inklusiv genutzte Unterrichtsräume.



3.3 EINSTUFUNG DER RÄUME BEI DEM VORLIEGENDEN OBJEKT

Räume der Gruppe A nach DIN 18041:

- Einfeldhalle
- Besprechung
- Hort 1 / 2
- Hortraum / Speiseraum / Mehrzweckraum (Nutzung als Veranstaltungsraum)
- KlassenR 1a / 1b / 2a / 2b / 3a / 3b / 4a / 4b
- DifferenzierungsR 1 / 2
- DifferenzierungsR-Bibliothek
- Werkraum

Räume der Gruppe B nach DIN 18041:

- Flur
- Büroräume (Lehrerzimmer, Sekretariat, Schulleitung, Sozialarbeiter, Hausmeisterwerkstatt)
- Umkleiden

Räume nach ASR A3.7

- Büroräume (Lehrerzimmer, Sekretariat, Schulleitung, Sozialarbeiter, Hausmeisterwerkstatt)



4. BERECHNUNGSVERFAHREN

Für einfache und kleine Räume reicht für die Ermittlung von Nachhallzeiten das Berechnungsverfahren nach Wallace C. Sabine aus. Bei akustisch schwierigeren Räumen und/oder komplexeren Anforderungen an die Raumakustik werden i.Allg. raumakustische Simulationen durchgeführt.

4.1 NACHHALLZEIT

Die Nachhallzeiten errechnen sich aus dem Raumvolumen sowie den äquivalenten Schallabsorptionsflächen der raumbegrenzenden Bauteile, der anwesenden Personen und der Einrichtungsgegenstände nach der Nachhallformel von Wallace C. Sabine:

$$T = 0,163 \cdot V/A \quad [s]$$

T Nachhallzeit in s

V Volumen des Raumes in m³

A äquivalente Schallabsorptionsfläche in m²

mit: $A = \sum \alpha_i S_i + \sum A_n + 4mV \quad [m^2]$

α_i Schallabsorptionsgrad des i-ten Bauteils (dimensionslos)

S_i Fläche des i-ten Bauteils in m²

A_n Schallabsorptionsflächen von Personen und Einrichtungsgegenständen in m²

m Energiedämpfungskonstante der Luft in m⁵

Die Schallabsorptionsgrade werden der DIN 18041:2016-03, der einschlägigen Fachliteratur und Herstellerangaben entnommen. Schallabsorptionsgrade für einzelne Einrichtungsgegenstände sind i.allg. nicht bekannt. Zur Berücksichtigung des Einflusses der Einrichtung werden pauschale Zuschläge auf die Schallabsorptionsgrade der Raumbegrenzungsflächen vergeben, die auf Ergebnissen von Messungen in anderen Objekten beruhen.



4.2 A/V – VERHÄLTNIS

Das A/V-Verhältnis errechnet sich aus den beiden Größen:

V Volumen des Raumes in m³

und

A äquivalente Schallabsorptionsfläche in m²

mit: $\mathbf{A} = \sum \alpha_i \mathbf{S}_i$ [m²]

α_i mittlerer Schallabsorptionsgrad (Mittelwert in jeder Oktave zw. 250 und 2000 Hz)
der jeweiligen Absorber- oder Raumbegrenzungsfläche (dimensionslos)

S_i Flächeninhalt der jeweiligen Absorber- oder Raumbegrenzungsfläche in m^2

Die Berechnung des A/V-Verhältnisses findet i.d.R. ohne Berücksichtigung der Schallabsorption durch Personen statt.



5. RAUMAKUSTISCHE MASSNAHMEN / BERECHNUNGSERGEBNISSE

5.1 HORTRAUM / SPEISERAUM / MEHRZWECKRAUM

Anforderung nach DIN 18041:2016-03

(Räume der Gruppe A, Nutzungsart A3 – Sprache/Vortrag, inklusiv):

- volumenabhängiger Toleranzbereich in den Oktaven von 125 bis 4000 Hz (s. Anlage 1)

raumakustische Maßnahmen an der Decke:

- Richtqualität für akustisch wirksame Decke:
 - mind. 50 % der Deckenfläche
 - Produktvorschlag: Holzwolle-Akustikplatte mit Dämmauflage
(z.B. Troldekt ultrafein, 25 mm Platte, 100 mm Hohlraum inkl. 40 mm Dämmauflage)
 - mind. erforderliche Schallabsorptionsgrade, Richtqualität nach Herstellerangabe
(bewerteter Schallabsorptionsgrad $\alpha_w \geq 0,80$):

Frequenz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz
α	$\geq 0,45$	$\geq 0,70$	$\geq 0,80$	$\geq 0,80$	$\geq 0,80$	$\geq 0,80$

Berechnungsergebnisse:

- mittlere Nachhallzeit $T_{\text{mid}} = 0,76 \text{ s}$ (Anlage 1)

⇒ Der Toleranzbereich nach DIN 18041:2016-03 wird eingehalten.



5.2 KLASSENÄUME UND WERKRAUM

Anforderung nach DIN 18041:2016-03

(Räume der Gruppe A, Nutzungsart A4 - Unterricht/Kommunikation, inklusiv):

- volumenabhängiger Toleranzbereich in den Oktaven von 125 bis 4000 Hz (s. Anlage 2)

Anforderung nach ASR A3.7 (Unterrichtsräume):

- Anforderungen analog zu DIN 18041:2016-03 (Räume der Gruppe A, Nutzungsart A4 - Unterricht/Kommunikation, inklusiv im Bereich von 250 bis 2000 Hz, siehe oben)
- volumenabhängiger Toleranzbereich in den Oktaven von 250 bis 2000 Hz (s. Anlage 2)

raumakustische Maßnahmen an der Decke:

- Richtqualität für akustisch wirksame Decke:
 - mind. 70 % der Deckenfläche
 - Produktvorschlag: Holzwolle-Akustikplatte mit Dämmauflage
(z.B. Troldekt ultrafein, 25 mm Platte, 100 mm Hohlraum inkl. 40 mm Dämmauflage)
 - mind. erforderliche Schallabsorptionsgrade, Richtqualität nach Herstellerangabe
(bewerteter Schallabsorptionsgrad $\alpha_w \geq 0,80$):

Frequenz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz
α	$\geq 0,45$	$\geq 0,70$	$\geq 0,80$	$\geq 0,80$	$\geq 0,80$	$\geq 0,80$



raumakustische Maßnahmen an der Wand:

- Richtqualität für Wandabsorber:
 - auf einer Wandfläche, die mind. 8 % der Raumgrundfläche entspricht
 - Produktvorschlag: Holzwolle-Akustikplatte mit Dämmauflage
(z.B. Troldekt ultrafein, 25 mm Platte, 40 mm Hohlraum inkl. 40 mm Dämmauflage)
 - mind. erforderliche Schallabsorptionsgrade, Richtqualität nach Herstellerangabe
(bewerteter Schallabsorptionsgrad $\alpha_w \geq 0,80$):

Frequenz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz
α	$\geq 0,25$	$\geq 0,70$	$\geq 0,80$	$\geq 0,80$	$\geq 0,80$	$\geq 0,80$

Berechnungsergebnisse:

- mittlere Nachhallzeit $T_{\text{mid}} = 0,49 \text{ s}$ (Anlage 2 für beispielhaften Raum)

⇒ Der Toleranzbereich nach DIN 18041:2016-03 wird eingehalten.



5.3 DIFFERENZIERUNGSRÄUME

Anforderung nach DIN 18041:2016-03

(Räume der Gruppe A, Nutzungsart A4 - Unterricht/Kommunikation, inklusiv):

- volumenabhängiger Toleranzbereich in den Oktaven von 125 bis 4000 Hz (s. Anlage 3)

Anforderung nach ASR A3.7 (Unterrichtsräume):

- Anforderungen analog zu DIN 18041:2016-03 (Räume der Gruppe A, Nutzungsart A4 - Unterricht/Kommunikation, inklusiv im Bereich von 250 bis 2000 Hz, siehe oben)
- volumenabhängiger Toleranzbereich in den Oktaven von 250 bis 2000 Hz (s. Anlage 3)

dd

raumakustische Maßnahmen an der Decke:

- Richtqualität für akustisch wirksame Decke:
 - mind. 70 % der Deckenfläche
 - Produktvorschlag: Holzwolle-Akustikplatte mit Dämmauflage
(z.B. Troldekt ultrafein, 25 mm Platte, 100 mm Hohlraum inkl. 40 mm Dämmauflage)
 - mind. erforderliche Schallabsorptionsgrade, Richtqualität nach Herstellerangabe
(bewerteter Schallabsorptionsgrad $\alpha_w \geq 0,80$):

Frequenz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz
α	$\geq 0,45$	$\geq 0,70$	$\geq 0,80$	$\geq 0,80$	$\geq 0,80$	$\geq 0,80$



raumakustische Maßnahmen an der Wand:

- Richtqualität für Wandabsorber:
 - auf einer Wandfläche, die mind. 35 % der Raumgrundfläche entspricht
 - Produktvorschlag: Holzwolle-Akustikplatte mit Dämmauflage
(z.B. Troldekt ultrafein, 25 mm Platte, 40 mm Hohlraum inkl. 40 mm Dämmauflage)
 - mind. erforderliche Schallabsorptionsgrade, Richtqualität nach Herstellerangabe
(bewerteter Schallabsorptionsgrad $\alpha_w \geq 0,80$):

Frequenz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz
α	$\geq 0,25$	$\geq 0,70$	$\geq 0,80$	$\geq 0,80$	$\geq 0,80$	$\geq 0,80$

Berechnungsergebnisse:

- mittlere Nachhallzeit $T_{\text{mid}} = 0,33 \text{ s}$ (Anlage 3 für beispielhaften Raum)

⇒ Der Toleranzbereich nach DIN 18041:2016-03 wird eingehalten.



5.4 HÖRTRÄUME

Anforderung nach DIN 18041:2016-03

(Räume der Gruppe A, Nutzungsart A4 - Unterricht/Kommunikation, inklusiv):

- volumenabhängiger Toleranzbereich in den Oktaven von 125 bis 4000 Hz (s. Anlage 4)

Anforderung nach ASR A3.7 (Unterrichtsräume):

- Anforderungen analog zu DIN 18041:2016-03 (Räume der Gruppe A, Nutzungsart A4 - Unterricht/Kommunikation, inklusiv im Bereich von 250 bis 2000 Hz, siehe oben)
- volumenabhängiger Toleranzbereich in den Oktaven von 250 bis 2000 Hz (s. Anlage 4)

raumakustische Maßnahmen an der Decke:

- Richtqualität für akustisch wirksame Decke:
 - mind. 70 % der Deckenfläche
 - Produktvorschlag: Holzwolle-Akustikplatte mit Dämmauflage
(z.B. Troldekt ultrafein, 25 mm Platte, 100 mm Hohlraum inkl. 40 mm Dämmauflage)
 - mind. erforderliche Schallabsorptionsgrade, Richtqualität nach Herstellerangabe
(bewerteter Schallabsorptionsgrad $\alpha_w \geq 0,80$):

Frequenz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz
α	$\geq 0,45$	$\geq 0,70$	$\geq 0,80$	$\geq 0,80$	$\geq 0,80$	$\geq 0,80$



raumakustische Maßnahmen an der Wand:

- Richtqualität für Wandabsorber:
 - auf einer Wandfläche, die mind. 20 % der Raumgrundfläche entspricht
 - Produktvorschlag: Holzwolle-Akustikplatte mit Dämmauflage
(z.B. Troldekt ultrafein, 25 mm Platte, 40 mm Hohlraum inkl. 40 mm Dämmauflage)
 - mind. erforderliche Schallabsorptionsgrade, Richtqualität nach Herstellerangabe
(bewerteter Schallabsorptionsgrad $\alpha_w \geq 0,80$):

Frequenz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz
α	$\geq 0,25$	$\geq 0,70$	$\geq 0,80$	$\geq 0,80$	$\geq 0,80$	$\geq 0,80$

Berechnungsergebnisse:

- mittlere Nachhallzeit $T_{\text{mid}} = 0,43 \text{ s}$ (Anlage 4 für beispielhaften Raum)

⇒ Der Toleranzbereich nach DIN 18041:2016-03 wird eingehalten.



5.5 SPORTHALLE

Anforderung nach DIN 18041:2016-03 (Räume der Gruppe A, Nutzungsart A5 - Sport):

- volumenabhängiger Toleranzbereich in den Oktaven von 125 bis 4000 Hz (s. Anlage 5)

raumakustische Maßnahmen an der Decke:

- Richtqualität für akustisch wirksame Decke:
 - mind. 40 % der Deckenfläche
 - Produktvorschlag: Holzwolle-Akustikplatte mit Dämmauflage
(z.B. Troldekt ultrafein, 25 mm Platte, 100 mm Hohlraum inkl. 40 mm Dämmauflage)
 - mind. erforderliche Schallabsorptionsgrade, Richtqualität nach Herstellerangabe
(bewerteter Schallabsorptionsgrad $\alpha_w \geq 0,80$):

Frequenz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz
α	$\geq 0,45$	$\geq 0,70$	$\geq 0,80$	$\geq 0,80$	$\geq 0,80$	$\geq 0,80$

umlaufende Prallwand:

- Richtqualität für schallabsorbierende Prallwand:
 - Höhe der Prallwand $\geq 2,10$ m
 - mind. erforderliche Schallabsorptionsgrade, Richtqualität nach Herstellerangabe
(bewerteter Schallabsorptionsgrad $\alpha_w \geq 0,75$):

Frequenz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz
α	$\geq 0,25$	$\geq 0,50$	$\geq 0,75$	$\geq 0,75$	$\geq 0,75$	$\geq 0,75$

Berechnungsergebnisse:

- mittlere Nachhallzeit $T_{\text{mid}} = 1,37$ s (Anlage 5)

⇒ **Der Toleranzbereich nach DIN 18041:2016-03 wird eingehalten.**



5.6 LEHRERZIMMER

Anforderung nach ASR A3.7:

- Mehrpersonenbüros: Nachhallzeit $T \leq 0,6$ s (in den Oktaven von 250 bis 2000 Hz)

raumakustische Maßnahmen an der Decke:

- Richtqualität für akustisch wirksame Decke:
 - mind. 70 % der Deckenfläche
 - Produktvorschlag: Holzwolle-Akustikplatte mit Dämmauflage
(z.B. Troldekt ultrafein, 25 mm Platte, 100 mm Hohlraum inkl. 40 mm Dämmauflage)
 - mind. erforderliche Schallabsorptionsgrade, Richtqualität nach Herstellerangabe
(bewerteter Schallabsorptionsgrad $\alpha_w \geq 0,80$):

Frequenz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz
α	$\geq 0,45$	$\geq 0,70$	$\geq 0,80$	$\geq 0,80$	$\geq 0,80$	$\geq 0,80$

Berechnungsergebnisse:

- Mehrpersonenbüro:
Nachhallzeit $T \leq 0,6$ s (Oktaven von 250 bis 2000 Hz) (Anlage 6)

⇒ Die Anforderung nach ASR A3.7 wird eingehalten.



5.7 BÜRORÄUME UND ÄHNLICHE ARBEITSRÄUME

Räume:

- Sekretariat
- Schulleitung
- Sozialarbeiter
- Hausmeisterwerkstatt

Anforderung nach ASR A3.7:

- Ein- und Zweipersonenbüros: Nachhallzeit $T \leq 0,8$ s (in den Oktaven von 250 bis 2000 Hz)

raumakustische Maßnahmen an der Decke:

- Richtqualität für akustisch wirksame Decke:
 - mind. 50 % der Deckenfläche
 - Produktvorschlag: Holzwolle-Akustikplatte mit Dämmauflage
(z.B. Troldekt ultrafein, 25 mm Platte, 100 mm Hohlraum inkl. 40 mm Dämmauflage)
 - mind. erforderliche Schallabsorptionsgrade, Richtqualität nach Herstellerangabe
(bewerteter Schallabsorptionsgrad $\alpha_w \geq 0,80$):

Frequenz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz
α	$\geq 0,45$	$\geq 0,70$	$\geq 0,80$	$\geq 0,80$	$\geq 0,80$	$\geq 0,80$

Berechnungsergebnisse:

- Ein- und Zweipersonenbüros:
Nachhallzeit $T \leq 0,8$ s (Oktaven von 250 bis 2000 Hz) (Anlage 7 für beispielhaften Raum)

⇒ Die Anforderung nach ASR A3.7 wird weitestgehend eingehalten.



5.8 FLUR / VERKEHRSFLÄCHEN

Empfehlung nach DIN 18041:2016-03

(Räume der Gruppe B, Nutzungsart B3 – längerfristiges Verweilen):

- A/V-Verhältnis $\geq 0,18$ (pro Oktave von 250 bis 2000 Hz)

raumakustische Maßnahmen an der Decke:

- Richtqualität für akustisch wirksame Decke:
 - mind. 50 % der Deckenfläche
 - Produktvorschlag: Holzwolle-Akustikplatte mit Dämmauflage
(z.B. Troldekt ultrafein, 25 mm Platte, 100 mm Hohlraum inkl. 40 mm Dämmauflage)
 - mind. erforderliche Schallabsorptionsgrade, Richtqualität nach Herstellerangabe
(bewerteter Schallabsorptionsgrad $\alpha_w \geq 0,80$):

Frequenz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz
α	$\geq 0,45$	$\geq 0,70$	$\geq 0,80$	$\geq 0,80$	$\geq 0,80$	$\geq 0,80$

Berechnungsergebnisse:

- A/V – Verhältnis pro Oktave (250 bis 2000 Hz) $\geq 0,19$ (Anlage 8)

⇒ Die Empfehlung an das A/V-Verhältnis nach DIN 18041:2016-03 wird eingehalten.

5.9 ANDERE RÄUME

In allen restlichen Räumen werden in Absprache mit dem Bauherrn keine raumakustischen Maßnahmen ergriffen. Für diese Räume gibt es keine zwingend einzuhaltenden Anforderungen nach DIN 18041:2016-03.



6. ZUSAMMENFASSUNG

Mit den geplanten Maßnahmen werden die Anforderungen und Empfehlungen für die Raumakustik nach DIN 18041:2016-03 (Hörsamkeit in Räumen – Anforderungen, Empfehlungen und Hinweise für die Planung) eingehalten. Dadurch werden eine gute raumakustische Situation sowie eine ausreichende Minderung des Grundgeräuschpegels erreicht.

Für die Büro- und Arbeitsräume wurden die Anforderungen die sich nach „Technische Regeln für Arbeitsstätten – Lärm (ASR A3.7)“ ergeben berücksichtigt.

Dieser Nachweis zur Raumakustik bildet den jetzigen Informationsstand zum Gebäude ab. Änderung in der fortlaufenden Planung führen zu Änderungen in den Berechnungen und sind neu zu bewerten.

Leipzig, 21. Juni 2023

Dipl.-Ing. (FH) Steffen Landrock
Projektleiter

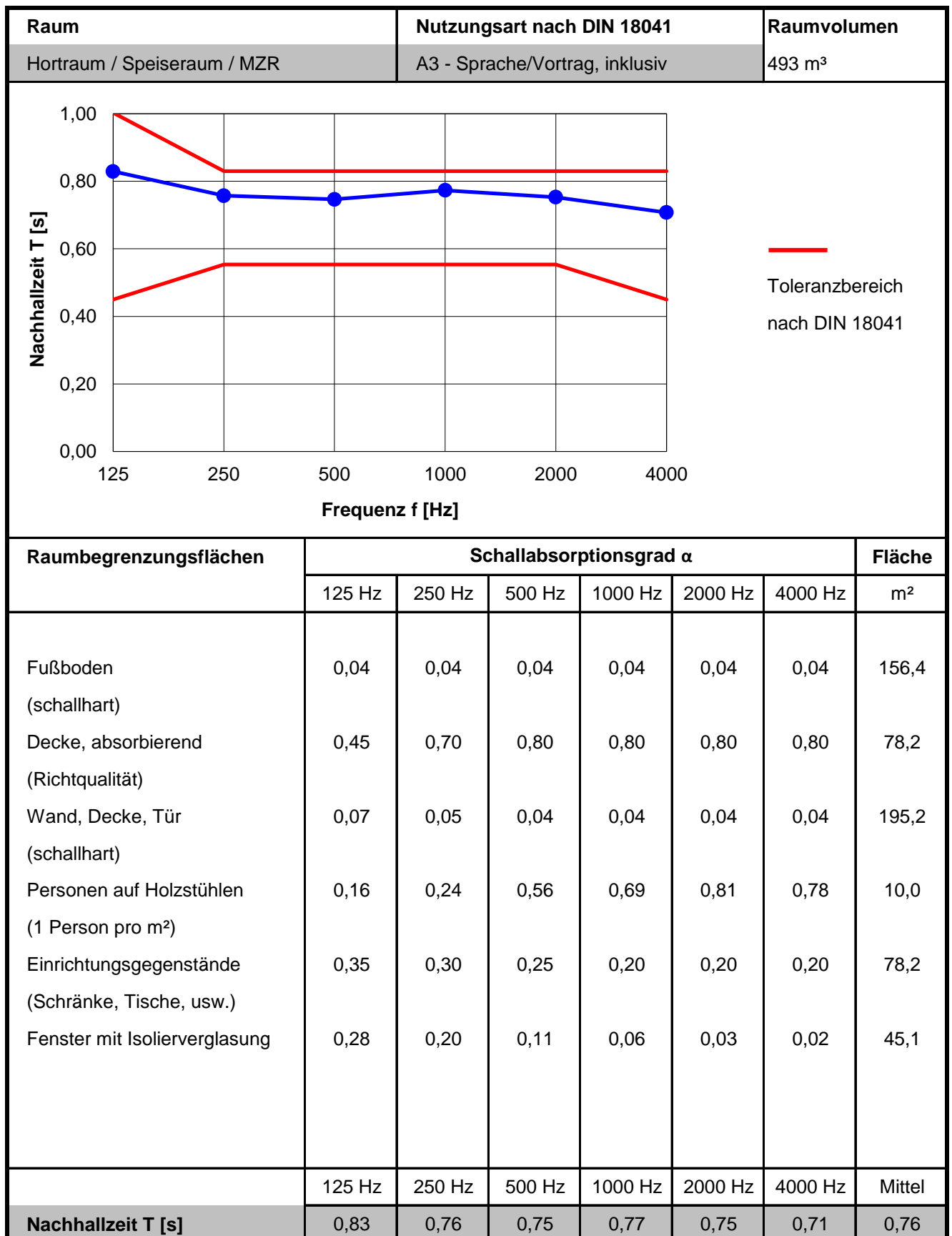
Andreas Türk, B.Eng.
Projektingenieur Bau- & Raumakustik

ANLAGE 1 - 7

Berechnung der Nachhallzeit

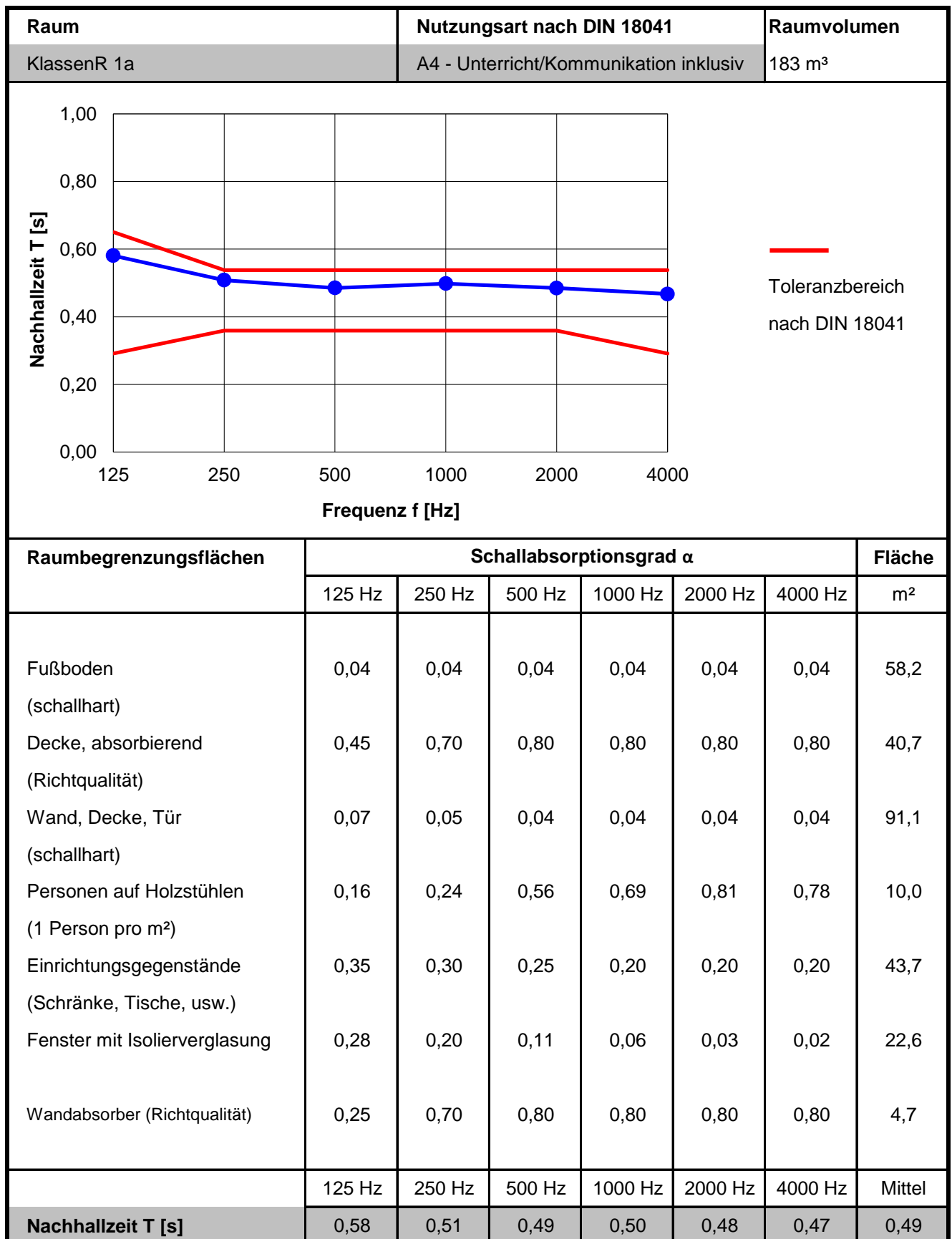
ANLAGE 1: Berechnung der Nachhallzeit (nach Wallace C. Sabine)

Projekt:
Modellprojekt Schulbau Bendeleben
 Projektnummer:
1717



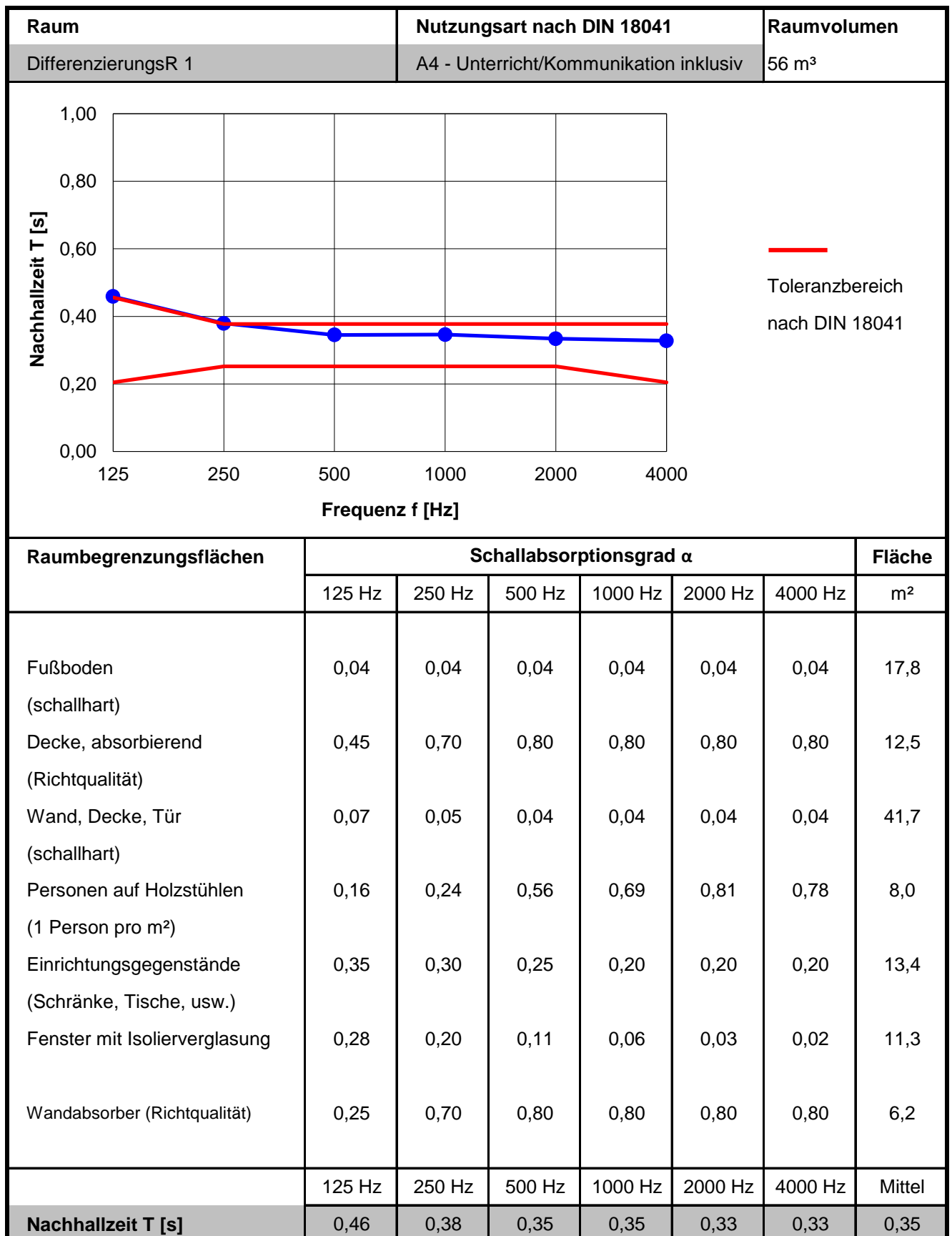
ANLAGE 2: Berechnung der Nachhallzeit (nach Wallace C. Sabine)

Projekt:
Modellprojekt Schulbau Bendeleben
 Projektnummer:
1717



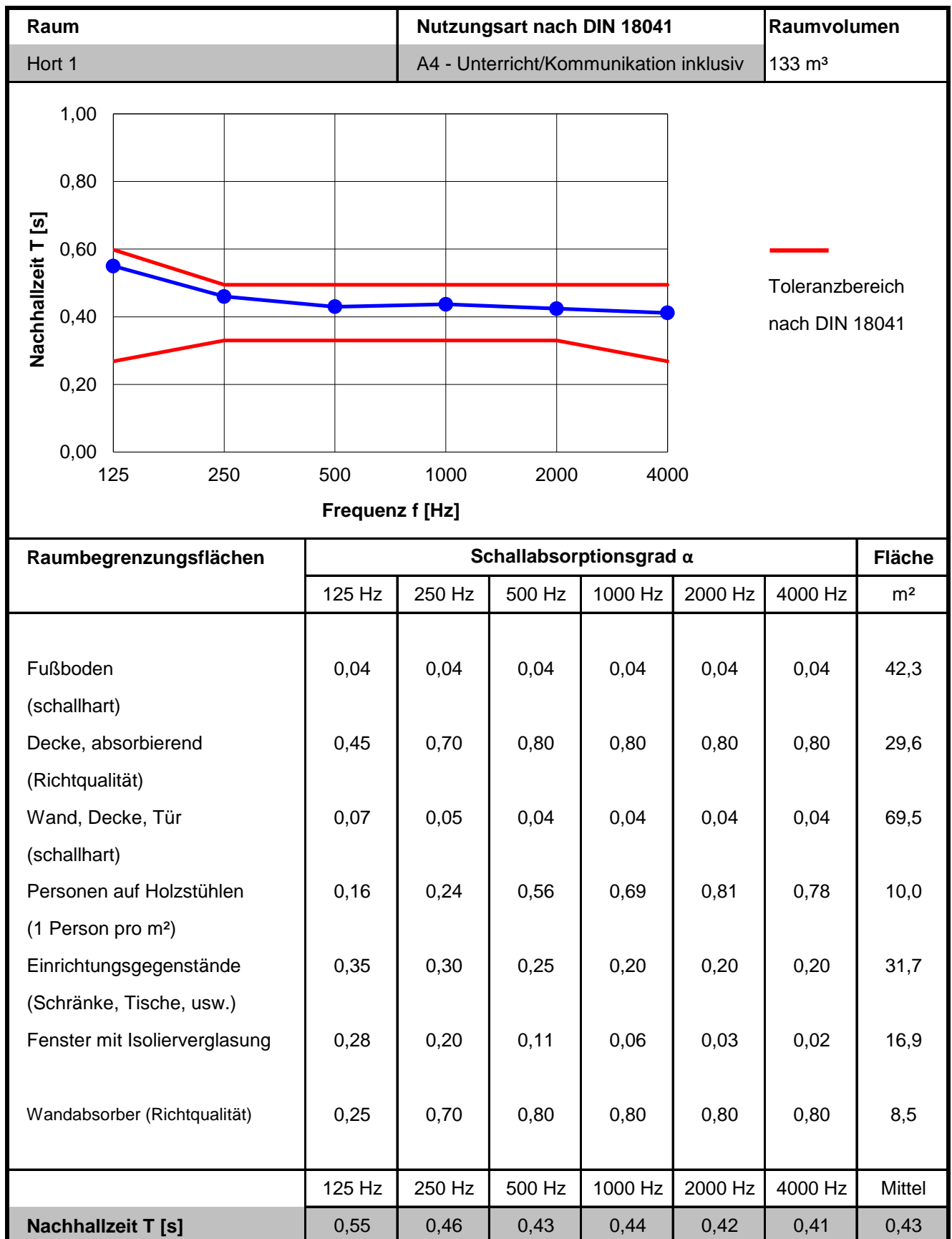
ANLAGE 3: Berechnung der Nachhallzeit (nach Wallace C. Sabine)

Projekt:
Modellprojekt Schulbau Bendeleben
 Projektnummer:
1717



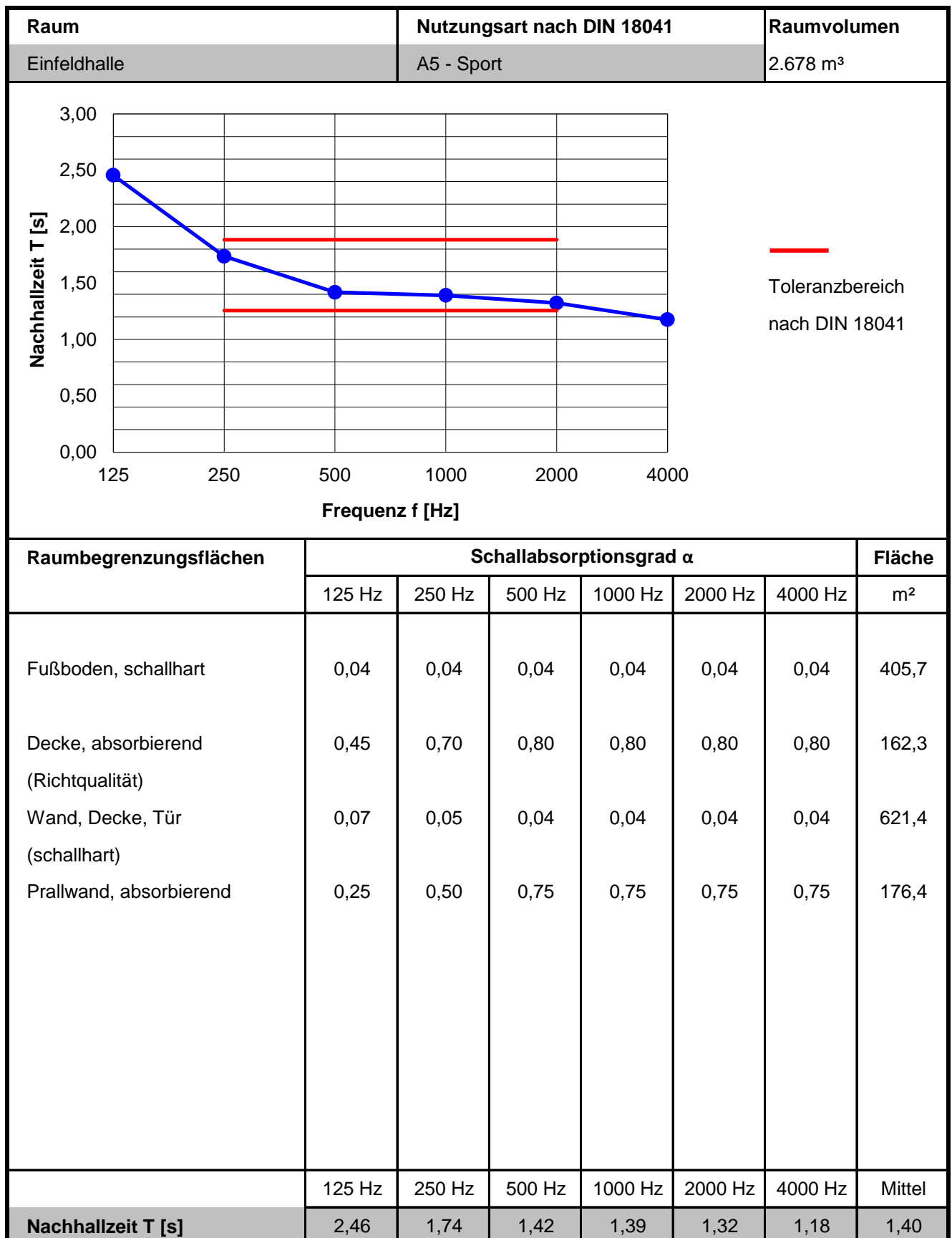
ANLAGE 4: Berechnung der Nachhallzeit (nach Wallace C. Sabine)

Projekt:
Modellprojekt Schulbau Bendeleben
 Projektnummer:
1717



ANLAGE 5: Berechnung der Nachhallzeit (nach Wallace C. Sabine)

Projekt:
Modellprojekt Schulbau Bendeleben
 Projektnummer:
1717



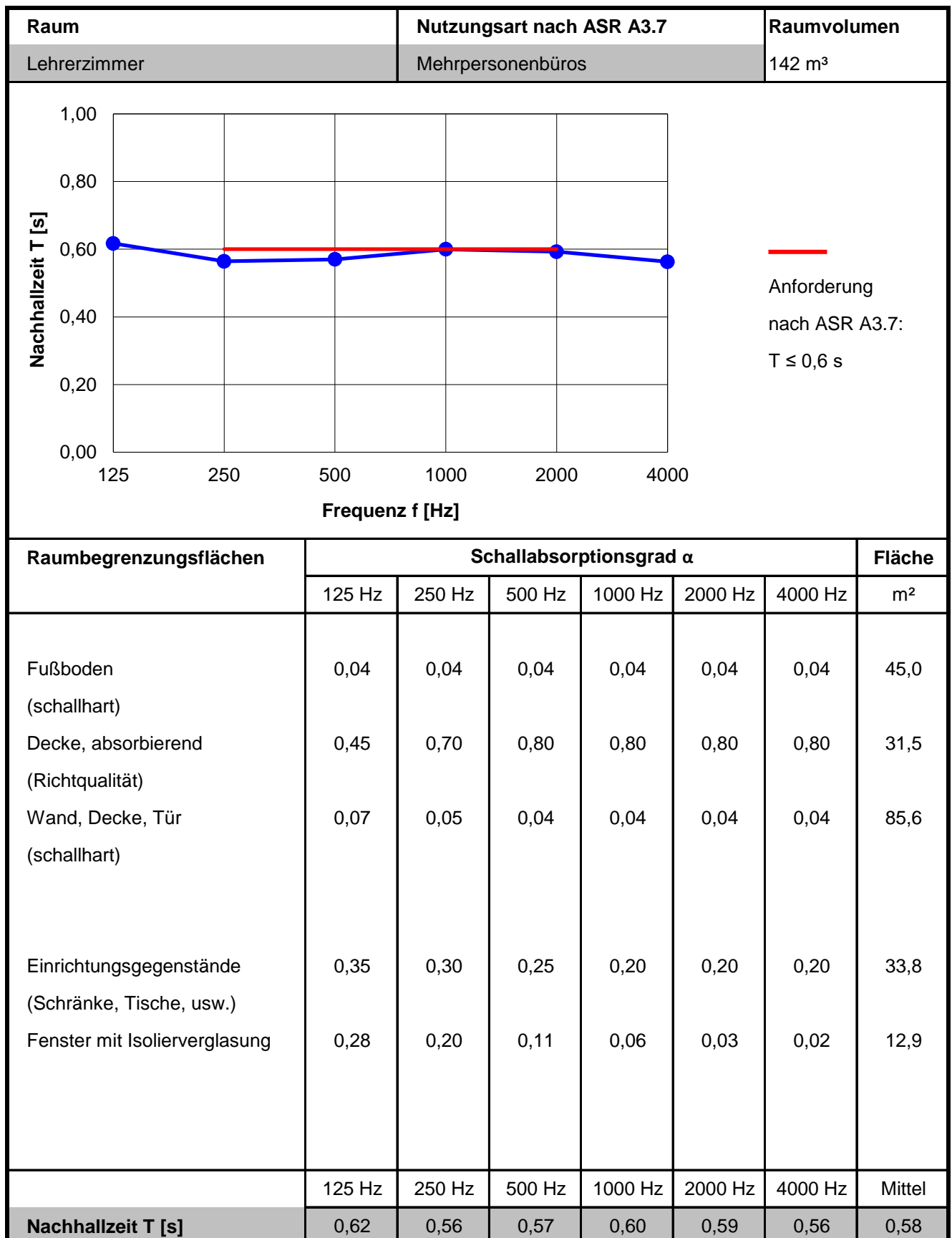
ANLAGE 6: Berechnung der Nachhallzeit (nach Wallace C. Sabine)

Projekt:

Modellprojekt Schulbau Bendeleben

Projektnummer:

1717



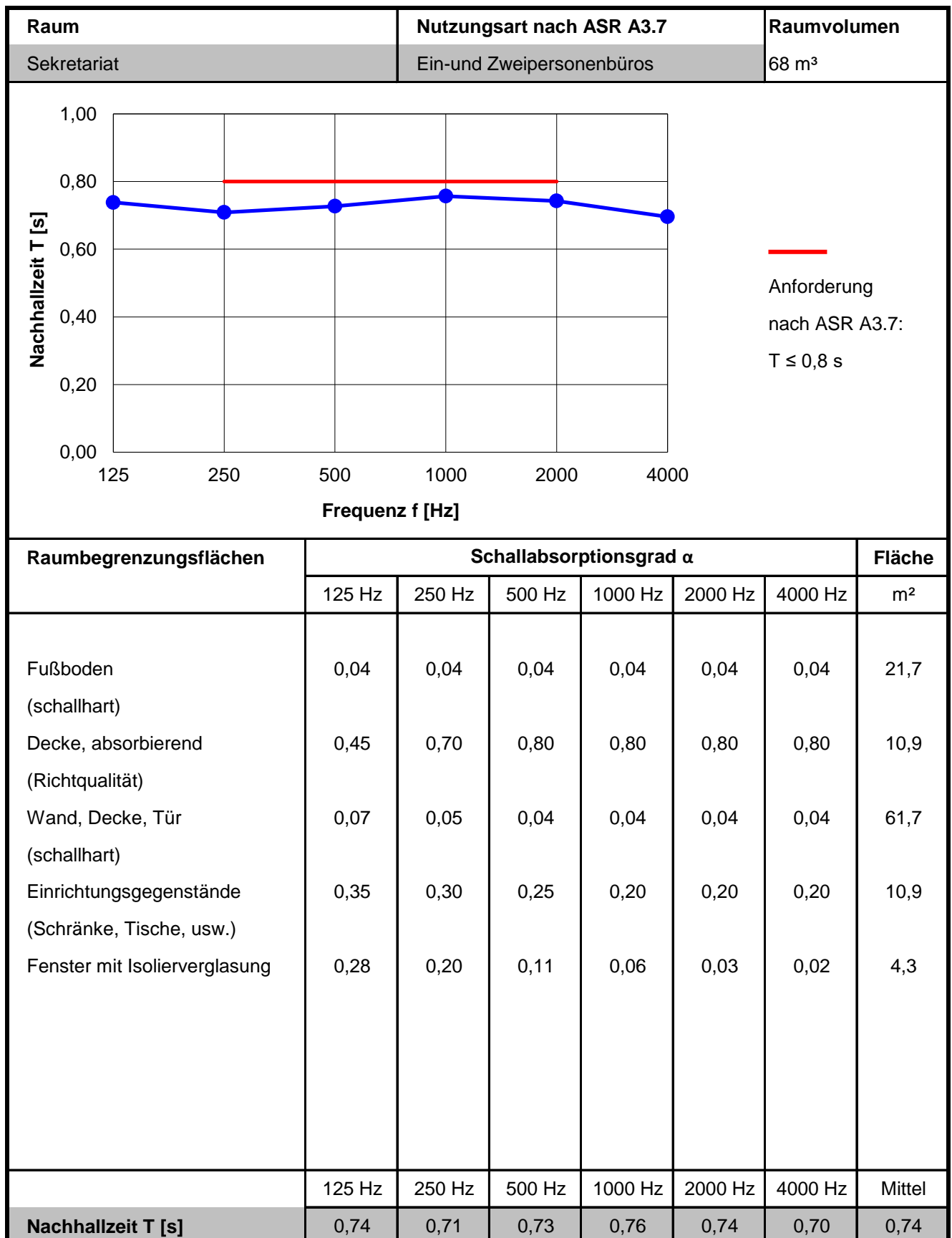
ANLAGE 7: Berechnung der Nachhallzeit (nach Wallace C. Sabine)

Projekt:

Modellprojekt Schulbau Bendeleben

Projektnummer:

1717



ANLAGE 8

Berechnung des A/V-Verhältnis

ANLAGE 8: Berechnung A/V-Verhältnis

Projekt:
Modellprojekt Schulbau Bendeleben
 Projektnummer:
1717

