



Sarooma Empfehlungen für Wohnräume (RSS 2023-03)

In diesen Sarooma-Empfehlungen für Wohnräume (RRS) werden Sollwerte für die Nachhallzeit (RT) für typische Wohnräume festgelegt, nämlich für Flure/Treppenhäuser, Wohn- und Esszimmer, Schlafzimmer, Küchen und Wohnräume für die Medienutzung.

Es wird eine Obergrenze für die Nachhallzeiten in Oktavbändern zwischen 250 Hz und 4 kHz, bzw. 125 Hz und 8 kHz für das Medienwohnzimmer, vorgegeben. Die Zielwerte sind eine Funktion der lichten Raumhöhe und ergeben zusammen mit einem frequenzabhängigen Toleranzbereich Nachhallzeit-Richtwerte. Diese Richtwerte sollten ohne Berücksichtigung der Absorption durch die Bewohner erreicht werden.

Inhaltsverzeichnis

1 Motivation	2
2 Ableitung aus der deutschen DIN 18041:2016-03 Gruppe B	2
3 Empfehlungen für Wohnräume	3
4 Berechnungsbeispiel	7

1 Motivation

In der Vergangenheit wurde Sarooma wiederholt von Kunden kontaktiert, die Ratschläge für die Gestaltung und Planung von Wohnräumen suchen. Es wurde zwar eine wachsende Nachfrage festgestellt, auch das akustische Wohlbefinden bei der Planung und Gestaltung von Wohnräumen zu berücksichtigen, doch schien es eine Lücke hinsichtlich der akustischen Anforderungen und Ziele für diese Räume zu geben.

Die deutsche Norm DIN 18041:2016-03 [1] zielt nicht auf Wohnräume ab, auch wenn einige der behandelten Raumtypen Wohnräumen ähneln oder auch in einer Wohnsituation zu finden sind. Insbesondere einige Raumtypen in Gruppe B von [1] sind vergleichbar mit Räumen im Wohnkontext, z. B. Flure, Treppenhäuser, Speisesäle/-bereiche, Wohnräume in Pflegeheimen, Bibliotheken und so weiter.

Diese Situation führte zu Recherchen und Untersuchungen und in der Folge zur Formulierung dieser Empfehlungen für akustische Zielwerte für Wohnräume. Als Grundlage diente die Gruppe B aus DIN 18041:2016-03.

2 Ableitung aus der deutschen DIN 18041:2016-03 Gruppe B

Räume der Gruppe B sind Räume, in denen eine akustische Behandlung empfohlen wird, um eine Minderung des Lärms und eine Begrenzung des Nachhalls zu erreichen. In [1] werden Richtwerte für das A/V -Verhältnis in Abhängigkeit von der lichten Raumhöhe h angegeben, die einheitlich für alle Oktavbänder zwischen 250 Hz und 2 kHz gelten. Das A/V -Verhältnis ist das Verhältnis zwischen der äquivalenten Absorptionsfläche A in m^2 und dem Volumen V in m^3 des Raums. Bei Räumen der Gruppe B beinhaltet die äquivalente Absorptionsfläche nicht die Absorption, die durch im Raum anwesende Personen verursacht wird. Die Zielwerte sind Untergrenzen, die von dem zu planenden Raum erreicht oder überschritten werden müssen. In [1] wird zwischen Räumen mit einer lichten Raumhöhe unter 2,5 m und Räumen mit einer lichten Raumhöhe über 2,5 m unterschieden. Tabelle 3 in [1] enthält die Festwerte für Räume mit einer lichten Raumhöhe unter 2,5 m und Formeln für Räume mit einer lichten Raumhöhe über 2,5 m. Die Grafik in Abbildung 1 zeigt die Richtwerte des A/V -Verhältnisses für lichte Raumhöhen von 2,0 m bis 10,0 m. Es zeigt vier Diagramme für die Untergruppen B2-B5, für B1-Räume werden in [1] keine Anforderungen gestellt.

Während die DIN 18041:2016-03 A/V -Verhältnisse als Richtwerte definiert, war es unser Ziel, die Nachhallzeit als Richtwert zu verwenden. Dies geschah, weil es sich dabei um ein Maß handelt, das (bis zu einem gewissen Grad) direkt und leicht von Menschen wahrgenommen werden kann, dessen Konzept leicht zu verstehen ist und das auch mit nicht-professioneller Ausrüstung gemessen werden kann.

Es ist möglich, diese Höhen-abhängigen A/V -Verhältnisse in einem diffusen Schallfeld mit Hilfe der Sabine-Formel in entsprechende Nachhallzeiten RT_{60} umzurechnen. Für eine Lufttemperatur von 20 °C gilt:

$$RT_{60} = 0,161 \cdot \frac{V}{A} = 0,161 \cdot (A/V(h))^{-1} \quad (1)$$

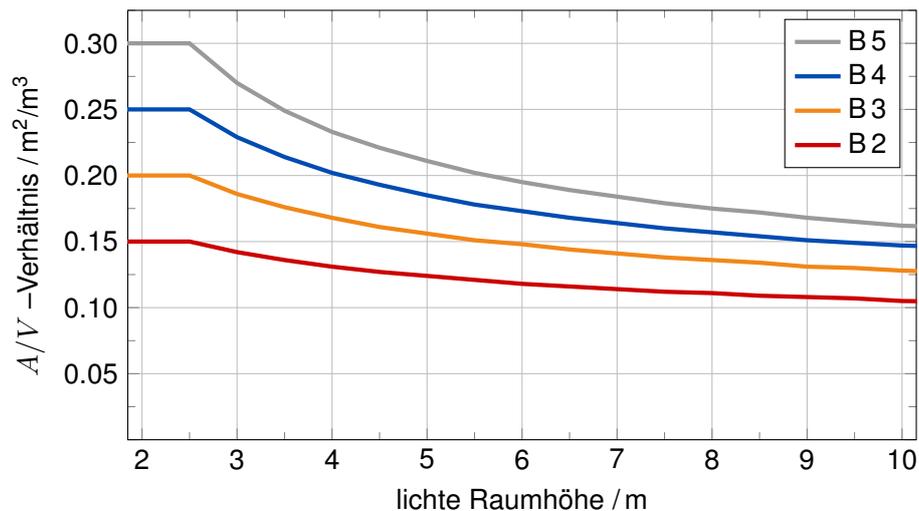


Abbildung 1: A/V -Verhältnis für die Gruppen B2-B4 der deutschen DIN 18041:2016-03 für lichte Raumhöhen von 2 m bis 10 m.

Werte für die Nachhallzeit für Räume mit lichten Raumhöhen von 2 m bis 10 m für die Gruppen B2-B5 sind in Abbildung 2 dargestellt.

Während [1] konstante Richtwerte für die Oktavbänder von 250 Hz bis 2 kHz definiert, verwenden die RRS-Empfehlungen diese RT_{60} -Werte als Zielwerte RT_T und wenden zusätzlich einen frequenzabhängigen Toleranzbereich an. Wohnräume werden in eine der vier Untergruppen B2-B4 eingeteilt und die entsprechenden RT_T -Werte werden berechnet.

3 Empfehlungen für Wohnräume

Ein Raum entspricht den (Sarooma) Empfehlungen für Wohnräume (RRS), wenn seine Nachhallzeit innerhalb der Nachhallzeit-Richtwerte für seinen Raumtyp liegt.

Die folgenden Raumtypen sind definiert (Abkürzungen in Klammern):

1. Flur oder Treppenhaus (*hw/sc*)
2. Küche (*ki*)
3. Esszimmer (*dr*)
4. Schlafzimmer (*br*)
5. Wohnzimmer (*lr*)
6. Wohnzimmer (Mediennutzung) (*lr media*)

Die Soll-Nachhallzeit $RT_T(h)$ ist abhängig von der lichten Raumhöhe h . Für jede Soll-Nachhallzeit wird ein frequenzabhängiger (f) Toleranzbereich in Oktavbändern von 250 Hz bis 4 kHz bzw. 125 Hz bis 8 kHz für den Wohnraum (Mediennutzung) definiert. Daraus ergeben sich frequenzabhängige Nachhallrichtwerte $RT_G(h, f)$.

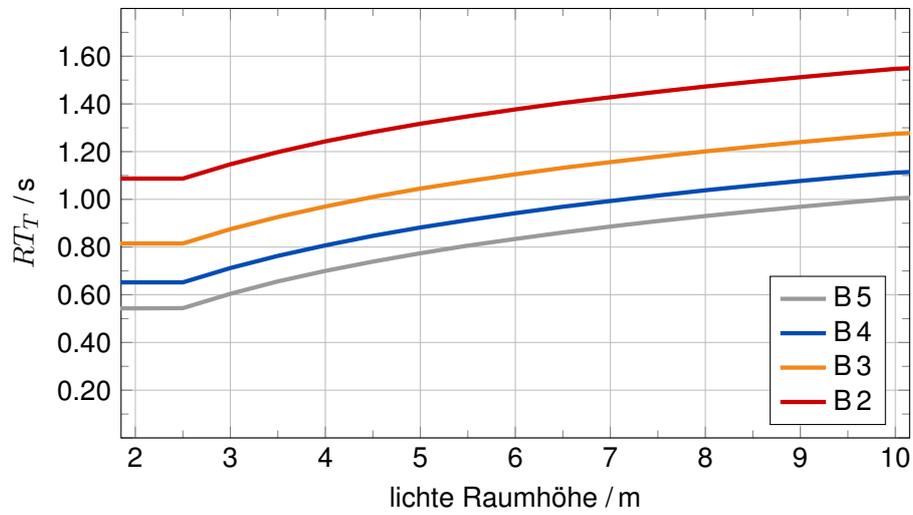


Abbildung 2: Aus den in [1] angegebenen A/V -Verhältnissen berechnete Sollwert-Nachhallzeiten für die Raumgruppen B2-B5.

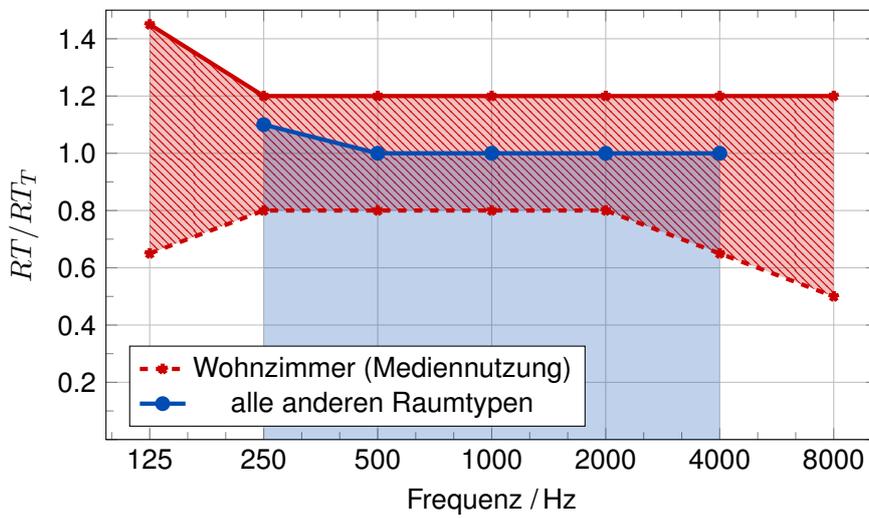


Abbildung 3: Toleranzbereiche als Funktion der Frequenz für die Raumtypen der Empfehlungen für Wohnräume.

Tabelle 1: Frequenzabhängige Toleranzbereiche für die Empfehlungen für Wohnräume in Oktavbändern, als Faktoren $TF(f)$.

Freq. / Hz	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Wohnzimmer (Mediennutzung), max	1,45	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20
Wohnzimmer (Mediennutzung), min	0,65	0,80	0,80	0,80	0,80	0,65	0,50
alle anderen Raumtypen, max	–	1,10	1,00	1,00	1,00	1,00	–

$$RT_G(h, f) = RT_T(h) \cdot TF(f) \quad (2)$$

Die Werte des Toleranzbereichs $TF(f)$ sind in Tabelle 1 als mit der Ziel-Nachhallzeit $RT_T(h)$ zu multiplizierender Faktor angegeben. Außerdem sind sie in Abbildung 3 visualisiert. Der Toleranzbereich für den Raumtyp *lr media* stammt aus [1] Gruppe A. Seine Untergrenze ist nicht verbindlich, sondern eine Empfehlung. Der Toleranzbereich für die anderen Raumtypen orientiert sich an der Gruppe B von [1], wurde jedoch aufgrund seiner Bedeutung für die Sprache und der Tatsache, dass er wegen der hohen Absorption in Wohnräumen bei hohen Frequenzen in der Regel kein Problem darstellt, um das Oktavband 4 kHz erweitert. Darüber hinaus wurde die Toleranz für das 250-Hz-Oktavband auf 1,1 anstelle von 1,0 erhöht, da es oft nicht möglich ist, in diesem Band eine ausreichende Absorption zu erreichen, und es in der Regel wenig Einfluss auf die Behaglichkeit in Wohnräumen hat, in denen niedrige Frequenzen selten sind.

Die Soll-Nachhallzeit für den Raumtyp *hw/sc* ist wie folgt definiert:

$$RT_T(h) \leq \begin{cases} 1,073 \text{ s} & \text{für } h \leq 2,5 \text{ m} \\ 0,161 \text{ s} \cdot (4.800 + 4.690 \cdot \log(\frac{h}{1\text{m}})) & \text{für } h > 2,5 \text{ m} \\ 1,455 \text{ s} & \text{für } h \geq 8,0 \text{ m} \end{cases} \quad (3)$$

Es ist zu beachten, dass diese Werte für Flure und Treppenhäuser gedacht sind, in denen sich Personen nicht über einen längeren Zeitraum aufhalten oder in denen längere Gespräche zu erwarten sind. Wenn eine längere Verweildauer zu erwarten ist, sollte man Zielwerte für den Nachhall anstreben, die zwischen den Raumtypen *hw/sc* und *lr/dr/br* liegen.

Die Soll-Nachhallzeit für den Raumtyp *ki* ist wie folgt definiert:

$$RT_T(h) \leq \begin{cases} 0,805 \text{ s} & \text{für } h \leq 2,5 \text{ m} \\ 0,161 \text{ s} \cdot (3.130 + 4.690 \cdot \log(\frac{h}{1\text{m}})) & \text{für } h > 2,5 \text{ m} \\ 1,032 \text{ s} & \text{für } h \geq 5,0 \text{ m} \end{cases} \quad (4)$$

Die Ziel-Nachhallzeit für die Raumtypen *lr*, *dr* und *br* ist wie folgt definiert:

$$RT_T(h) \leq \begin{cases} 0,644 \text{ s} & \text{für } h \leq 2,5 \text{ m} \\ 0,161 \text{ s} \cdot (2.130 + 4.690 \cdot \log(\frac{h}{1\text{m}})) & \text{für } h > 2,5 \text{ m} \\ 0,957 \text{ s} & \text{für } h \geq 6,5 \text{ m} \end{cases} \quad (5)$$

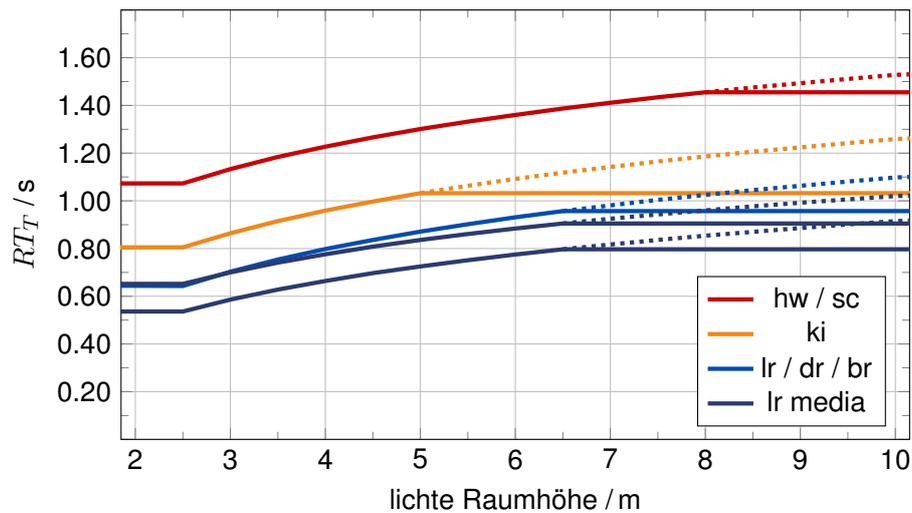


Abbildung 4: Nachhallzeit-Sollwerte $RT_T(h)$ aufgetragen über der lichten Raumhöhe für die Raumtypen von RRS. Die gestrichelten Linien zeigen, wie die Formel über den Punkt der maximalen empfohlenen Höhe für den Raumtyp hinausgingen.

Die Ziel-Nachhallzeiten für den Raumtyp *lr media* sind wie folgt definiert:

$$RT_T(h) \leq \begin{cases} 0,536 \text{ s} & \text{für } h \leq 2,5 \text{ m} \\ 0,161 \text{ s} \cdot 0,833 \cdot (2,130 + 4,690 \cdot \log(\frac{h}{1\text{m}})) & \text{für } h > 2,5 \text{ m} \\ 0,797 \text{ s} & \text{für } h \geq 6,5 \text{ m} \end{cases} \quad (6)$$

Die Werte für diese Raumtypen sind für lichte Raumhöhen von 2,0 m bis 10,0 m in Abbildung 4 visualisiert. Obwohl Berechnungen und Formeln mit drei Nachkommastellen durchgeführt bzw. angegeben werden, sind alle Richtwerte letztlich auf zwei Nachkommastellen gerundet.

Die Raumhöhengrenzen, bei denen die Nachhallzeit-Zielwerte eingeschränkt sind, sollten als obere Grenzwerte für den entsprechenden Raumtyp betrachtet werden. Sie sind von typischen Wohngeschosshöhen und deren Vielfachen abgeleitet (z.B. können sich manche Wohnzimmer über zwei Geschosshöhen erstrecken usw.). Es wird nicht empfohlen, diese Werte zu überschreiten, wenn dies erforderlich ist, ist jedoch besondere Vorsicht geboten. Die Richtwerte für die Nachhallzeit müssen ohne Berücksichtigung der Absorption durch die Bewohner eingehalten und somit auch vorhergesagt werden.

Außerdem sind typische Absorptionskoeffizienten von Einrichtungsgegenständen für Wohnräume wie Betten, Sofas oder normale Bücherregale usw. nicht Gegenstand der Forschung und daher kaum in Dokumentationen, Literatur oder Normen zu finden. Daher werden in dieser Empfehlung gesammelte typische Werte angegeben, die jedoch mit Vorsicht und auf eigenes Risiko verwendet werden sollten. Tabelle 2 und Abbildung 5 zeigen diese äquiva-

Tabelle 2: Äquivalente Absorptionsfläche A_{Obj} in m^2 oder Absorptionskoeffizient α (sofern angegeben) für in Wohnräumen übliche Einrichtungsgegenstände.

Freq. / Hz	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Bewohner	0,09	0,28	0,50	0,78	0,90	1,03	1,07
Schreibtisch (160 x 80) cm	0,05	0,05	0,06	0,08	0,08	0,08	0,10
Esstisch, 6p (160 x 90) cm	0,06	0,06	0,07	0,09	0,09	0,09	0,11
Sofa	3,38	4,01	4,90	5,75	7,16	8,10	8,50
Schrank	1,88	1,93	1,33	1,28	1,45	1,65	1,75
Bücherregal (α)	0,20	0,22	0,24	0,25	0,25	0,25	0,25
Bett (200 x 160) cm	0,77	3,33	3,20	3,07	3,10	3,26	3,34

lenten Absorptionsflächenwerte pro Objekt oder Absorptionskoeffizienten in Oktavbändern.

4 Berechnungsbeispiel

Im Folgenden wird ein Beispiel für die Berechnung der Richtwerte für einen gewünschten Raumtyp gegeben. Der Nachhallzeitrichtwert soll für ein Wohnzimmer (lr) mit einer lichten Raumhöhe von 2,72 m berechnet werden. Zunächst wird der Nachhallzeit-Sollwert nach Gleichung (5) berechnet: Die Höhe von 2,72 m liegt innerhalb des Bereichs der Formel und ergibt:

$$RT_T(2,72 \text{ m}) \leq 0,161 \text{ s} \cdot \left(2,130 + 4,690 \cdot \log \left(\frac{2,72 \text{ m}}{1 \text{ m}} \right) \right) = 0,671 \text{ s}$$

Dies ist der Zielwert, der noch mit seinem Toleranzbereich versehen werden muss. Für den Raumtyp lr beträgt der Toleranzbereich 1,1 für das Oktavband 250 Hz und 1,0 bei allen anderen Oktavbändern bis zu 4 kHz.

Die Richtwerte in den Oktavbändern werden durch Multiplikation des Zielwerts mit dem Wert des Toleranzbereichs für jedes Oktavband ermittelt. Die Ergebnisse sind in Tabelle 3 vor und nach der Rundung des Ergebnisses auf zwei Nachkommastellen dargestellt:

Ein Wohnraum mit einer Höhe von 2,72 m entspricht der RRS, wenn seine Nachhallzeit in allen angegebenen Oktavbändern kleiner oder gleich den in der letzten Zeile der Tabelle 3 angegebenen RT_G -Richtwerten ist.

Zum besseren Verständnis der empfohlenen Richtwerte in diesem Dokument zeigt Abbildung 6 die Richtwerte für alle Raumtypen bei einer lichten Deckenhöhe von 2,5 m und darunter. Diese Werte sind die niedrigsten und damit strengsten Richtwerte, die in diesen Empfehlungen vorkommen.

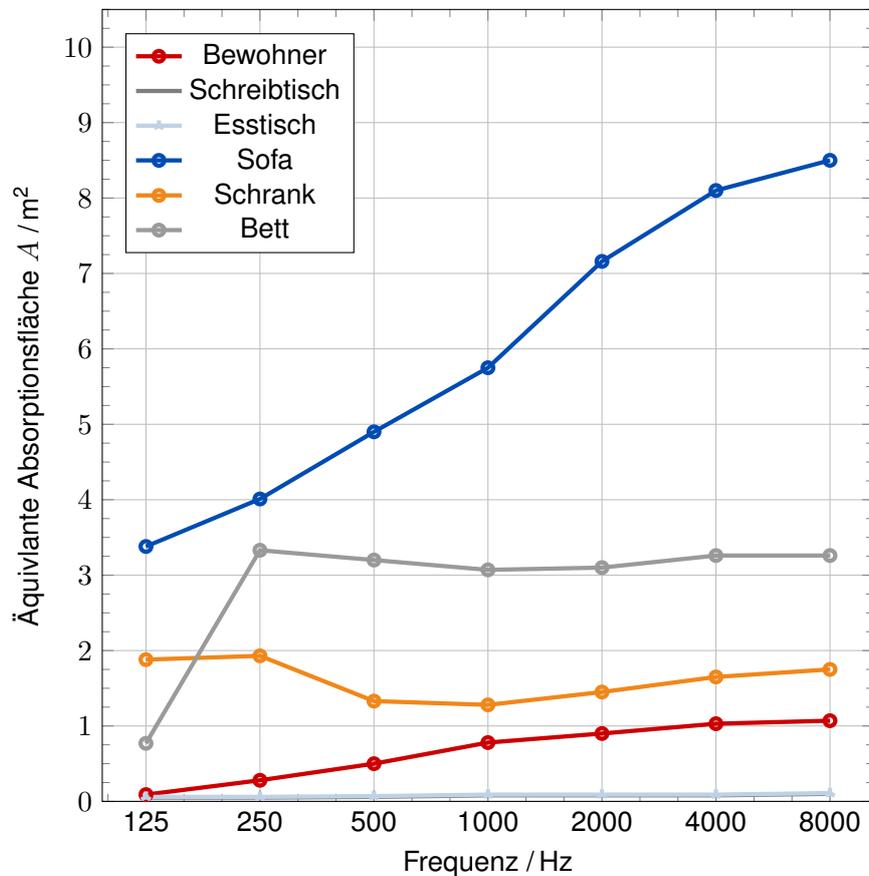


Abbildung 5: Äquivalente Absorptionsfläche typischer Einrichtungsgegenstände, die in Wohnräumen üblich sind.

Tabelle 3: Ergebnisse der Berechnung der Richtwerte für einen Wohnraum mit einer Höhe von 2,72 m vor und nach der Rundung.

Freq. / Hz	125	250	500	1000	2000	4000	8000
RT_G Richtwerte für Wohnzimmer mit $h = 2,72$ m, vor Rundung / s	–	0,738	0,671	0,671	0,671	0,671	–
RT_G Richtwerte für Wohnzimmer mit $h = 2,72$ m, nach Rundung / s	–	0,74	0,67	0,67	0,67	0,67	–

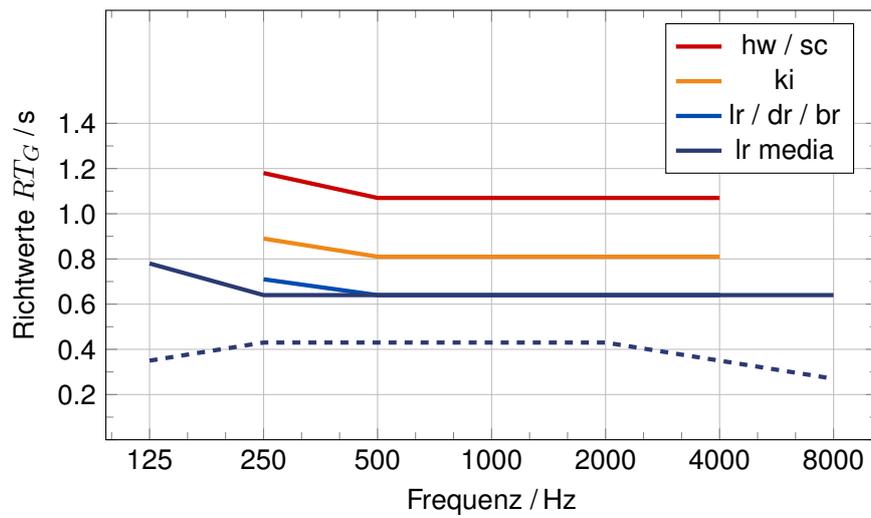


Abbildung 6: Richtwerte RT_G für alle Raumtypen dieser Empfehlung für eine lichte Raumhöhe von 2,5 m und darunter.

Literatur

- [1] DIN e.V. (Hrsg.): DIN 18041:2016-03, Hörsamkeit in Räumen – Anforderungen, Empfehlungen und Hinweise für die Planung, Beuth-Verlag, Berlin, März 2016.