

Raumakustikrechner nach DIN 18041:2016

1 Über diese Anleitung

Diese Anleitung erläutert die Bedienung des IFA-Rechners zur Auslegung der Raumakustik nach DIN 18041:2016. Sie gibt darüber hinaus eine kurze Einführung in die Wirkung von Schallabsorbieren auf die Nachhallzeit eines Raumes. Die Nachhallzeit ist ein wesentlicher Parameter zur Beurteilung der akustischen Qualität von Räumen.

2 Anwendungszweck

Der IFA-Raumakustikrechner dient zur Einschätzung der raumakustischen Situation von Räumen, in denen eine gute Hörsamkeit über mittlere bis größere Distanzen gewährleistet sein soll. Hierzu gehören beispielsweise Gruppenräume in Kindertagesstätten, Unterrichtsräume in Schulen, Konferenzräume, Hörsäle oder Sporthallen. Er zeigt Maßnahmen auf, die notwendig sind, um die Vorgaben der DIN 18041:2016 zu erfüllen. Hierzu werden die Nachhallzeiten des Raumes in den Oktavbändern von 125 bis 4000 Hz berechnet und im Vergleich mit den Toleranzgrenzen der Norm dargestellt.

3 Haftungsausschluss

Diese Software wurde gemäß dem Stand von Wissenschaft und Technik sorgfältig erstellt. Sie wird dem Nutzer unentgeltlich zur Verfügung gestellt. Die Benutzung erfolgt auf eigene Gefahr. Eine Haftung – gleich aus welchem Rechtsgrund – ist, soweit gesetzlich zulässig, ausgeschlossen. Insbesondere für Sach- und Rechtsmängel der Software sowie der damit zusammenhängenden Dokumentationen und Informationen wird – vor allem im Hinblick auf deren Richtigkeit, Fehlerfreiheit, Freiheit von Schutz- und Urheberrechten Dritter, Aktualität, Vollständigkeit und/oder Verwendbarkeit – außer bei Vorsatz oder Arglist nicht gehaftet.

4 Nutzungsrecht

Der IFA-Raumakustikrechner darf zu nicht kommerziellen Zwecken frei verwendet werden. Eine kommerzielle Nutzung ist nicht gestattet.

5 Systemvoraussetzungen

Um den vollen Funktionsumfang dieser Webanwendung in Anspruch nehmen zu können, wird mindestens der Internet Explorer 9 (Erscheinungsdatum: 15.03.2011) benötigt oder eine aktuelle Version von Google Chrome bzw. Mozilla Firefox und aktiviertes JavaScript. Für andere Browser wurde der Funktionsumfang nicht getestet.

6 Grundlegendes zur Beurteilung der Raumakustik durch die Nachhallzeit

In diesem Abschnitt wird eine kurze und anschauliche Beschreibung der Nachhallzeit eines Raumes sowie ihrer Abhängigkeit von Schallabsorbieren gegeben. Hierzu denke man sich in einem ansonsten leeren Raum eine Schallquelle, z. B. eine Person oder ein Gerät, die kurz-

zeitig Schall aussendet (emittiert). Würde dieser Schall von den Wänden des Raumes vollständig reflektiert und auch nirgendwo sonst absorbiert, so würde der Schall ewig zwischen den Wänden hin- und herreflektiert und im Raum erhalten bleiben. Es gäbe somit einen unendlich andauernden Nachhall. Dies ist praktisch nicht möglich, da es keine vollständig schallreflektierenden Flächen gibt und auch die Luft selbst Schall in geringem Maße absorbiert. Somit wird der Schallpegel im Raum mit der Zeit abnehmen. Diese Pegelabnahme geschieht umso schneller, je höher der Grad der Schallabsorption im Raum ist.

Ein zu langer Nachhall kann unterschiedliche negative Auswirkungen haben. Zum einen vermischt sich der Hall mit neu gesprochenen Worten, was die Sprachverständlichkeit herabsetzen kann. Zum anderen summieren sich Hall und neu erzeugter Schall zu einem höheren Gesamtpegel im Raum. Diesen höheren Pegel empfinden die anwesenden Personen als störend und belästigend; er macht ein lauterer Sprechen notwendig, was die Geräuschbelastung noch weiter erhöht. Diese als Lombard-Effekt bekannte Selbstverstärkung kann zu einer für alle Betroffenen extrem unangenehmen Belastungssituation führen. Ein schnelles Abklingen des Halls verhindert diese Probleme. Entsprechend wird in der DIN 18041 die Nachhallzeit als Kriterium zur Auslegung der Raumakustik verwendet. Hierbei unterscheiden sich die zu erreichenden Sollwerte der Nachhallzeit abhängig von der vorgesehenen Nutzungsart des Raums, wie z. B. „Sprache“, „Unterricht“, „Musik“ oder „Sport“.

Die Nachhallzeit ist die Zeitdauer, die für eine Pegelabnahme des Halls um 60 dB benötigt wird (d. h., dass noch ein Millionstel der ursprünglichen Schallenergie übrig ist). *W. C. Sabine* fand Ende des 19. Jahrhunderts heraus, dass die Nachhallzeit T vom Volumen V des Raumes und seiner äquivalenten Absorptionsfläche A abhängt: $T = 0,163 \cdot V / A$ (Sabine'sche Formel). Die äquivalente Absorptionsfläche A ergibt sich aus dem Produkt $A = S \cdot \bar{\alpha}$ der absorbierenden Oberflächen S des Raumes und deren mittlerer Schallabsorptionsgrade $\bar{\alpha}$. Der Schallabsorptionsgrad ist dabei eine Größe, die zwischen 0 und 1 liegt, entsprechend keiner bzw. vollständiger Absorption des Schalls. Eine Oberfläche, die keine oder nur eine sehr geringe Absorption des Schalls bewirkt, nennt man schallhart.

Da die absorbierenden Oberflächen hauptsächlich aus den Raumbegrenzungsflächen bestehen, ist die wesentliche Möglichkeit zur Senkung der Nachhallzeit eine Erhöhung des Schallabsorptionsgrades dieser Flächen. Sie lässt sich durch die Installation von Schallabsorbern an den Raumbegrenzungsflächen erreichen. Je höher der Schallabsorptionsgrad der Absorber ist, desto weniger Fläche muss belegt werden. Dabei ist zu bedenken, dass der Grad der Schallabsorption nicht für alle Frequenzen gleich ist.

Besonders bei tiefen Frequenzen lassen sich mit konventionellen porösen Schallabsorbern in der Regel nur geringe Absorptionsgrade erreichen. Zur wirksamen Absorption bei tiefen Frequenzen muss man verhältnismäßig dicke Materialien einsetzen oder das Material in einem größeren Abstand von ca. 20 bis 40 cm zur Decke oder Wand montieren. Alternativ kann man zusätzliche Schallabsorber in Form von Plattenschwingern oder speziell geformten Kantenabsorbern installieren. Grundsätzlich sind bei der tiefsten hier betrachteten Frequenz von 125 Hz wohl auch etwas höhere Nachhallzeiten tolerabel, weil sie sich hier nur in geringem Maße auf die Sprachverständlichkeit auswirken.

Für die Berechnung der Nachhallzeit benutzt das IFA-Programm Schallabsorptionsgrade, wie sie für typische schallharte Wände zu finden sind. Der Schallabsorptionsgrad des Bodens ist variabel und kann vom Nutzer ausgewählt werden. Weiterhin nimmt das Programm die häufig auftretende Situation an, dass eine Seite des Raumes eine Fensterfront ist. Die Inneneinrichtung des Raums in Form von Tischen, Stühlen, Büchern, etc. (sogenannte Streukörper) trägt zur Absorption des Schalls bei. Daher wird in dem Programm eine raumgrößenabhängige Streukörperdichte angenommen, die in zwei Stufen einstellbar ist.

7 Bedienung

7.1 Notwendige Eingaben

Das Programm erfordert die Angabe der Raumdimensionen in Metern. Danach erfolgt die Berechnung der Nachhallzeiten des Raumes für die Oktavbänder von 125 bis 4000 Hz nach der Sabine'schen Formel (gemäß DIN 18041). Zugleich werden die nach DIN 18041 geforderten Nachhallzeiten durch ein Toleranzband angezeigt, das von der unter „Raumspezifikation“ ausgewählten Nutzungsart abhängt. Weiterhin lassen sich hier auch die Art des Bodenbelags sowie der Inneneinrichtung auswählen. Der angezeigte Verlauf der Nachhallzeit entspricht standardmäßig einem Raum, in dem keine Personen anwesend sind. Bei jeder Änderung der Raumparameter werden die Nachhallzeiten sofort neu berechnet.

Zusätzlich können die numerischen Werte der Nachhallzeiten und Toleranzgrenzen angezeigt werden. Klicken Sie hierzu auf die Schaltfläche „Zahlenwerte der Nachhallzeiten anzeigen/verbergen“. Die Werte der Nachhallzeiten in Sekunden werden dann in einer Tabelle eingeblendet.

7.2 Zusätzliche Eingaben

Die in dem betrachteten Raum üblicherweise anwesende Art und Zahl von Personen kann unter „Raumspezifikationen“ erfasst werden. Dies führt zu einer entsprechenden Korrektur der berechneten Nachhallzeit. In den Rubriken „Installierte Deckenabsorber“ bzw. „Installierte Wandabsorber“ kann die Auswirkung der Belegung von Decke und/oder Wänden mit Schallabsorbern bestimmt werden. Dabei können sowohl für die Decke als auch für die Wände jeweils zwei Flächen mit unterschiedlichen Absorbermodellen belegt werden, deren Gesamtfläche auf die der Decke bzw. Wände begrenzt ist. Falls eine größere Fläche eingegeben wird als überhaupt zur Verfügung steht, erscheint ein entsprechender Warnhinweis. Zur groben Orientierung sind bereits die Absorptionsgrade von drei vordefinierten Absorbern („schlechter Absorber“, „mittlerer Absorber“ und „guter Absorber“) abrufbar. Hiermit können Sie abschätzen, ab welcher Belegung von Decken und/oder Wänden eine gute Raumakustik erreichbar ist. Für eine genaue Planung lassen sich die Absorptionsgrade echter Absorber eingeben (siehe Abschnitt „Absorberdaten anzeigen/eingeben“). Diese finden Sie in den Produktdatenblättern der Hersteller. Dabei sollten Sie beachten, dass die Absorptionsgrade in den beiden unteren Oktavbändern (125 und 250 Hz) sehr stark vom Abstand des Absorbers zur Wand abhängen. Die angegebenen Absorptionsgrade gelten also nur, falls derselbe Abstand zur Decke bzw. Wand realisiert wird, der im Produktdatenblatt angegeben ist.

Anmerkungen zu den vordefinierten Absorbern:

Die vordefinierten Absorber sind allesamt poröse Absorber. Sie bestehen aus offenporigen Materialien, die von Luft durchströmt werden können, wobei sich die Schallenergie durch Reibung abbaut. Häufig werden hierfür gepresste Platten aus gebundenen Mineralfasern oder spezielle Schaumstoffe verwendet. Die Absorptionsgrade hängen bei diesen Absorbern auch sehr stark von Materialdicke und Wandabstand ab. Der vorgegebene „schlechte Absorber“

entspricht z. B. einer ungefähr 25 mm dicken Absorberplatte aus relativ gut absorbierendem Material, die unmittelbar an die Wand oder Decke montiert wurde. Ein „mittlerer Absorber“ entspricht z. B. einer ungefähr 50 mm dicken Absorberplatte aus gut absorbierendem Material, die ebenfalls direkt an eine Wand oder Decke montiert wurde. Der vorgegebene „gute Absorber“ entspricht z. B. einer um 10 bis 30 cm abgehängten Decke aus ungefähr 25 mm dicken Absorberplatten aus Material mit sehr guten Absorptionseigenschaften.

7.3 Absorberdaten anzeigen/eingeben

Um die Absorptionsgrade der Absorber zu betrachten, zu editieren oder neue Absorber hinzuzufügen, verfügt das Programm über einen Absorbereditor. Diesen rufen Sie durch einen Klick auf den Knopf „Absorberdaten anzeigen/eingeben“ auf. Nun wird Ihnen eine Tabelle der momentan im Programm hinterlegten Absorberdaten angezeigt. Um einen neuen Absorber hinzuzufügen, geben Sie unter „Absorber hinzufügen“ dessen Namen und die Absorptionsgrade ein. Zum Wechseln zwischen den Feldern können Sie den Tabulator, die Maus oder die Eingabetaste benutzen. Nachdem Sie alles vollständig eingegeben haben, wird der neue Absorber durch Klicken auf „Absorber hinzufügen“ ebenfalls im Programm hinterlegt. Auf diese Weise von Ihnen eingegebene Absorber lassen sich nun in den Rubriken „Installierte Deckenabsorber“ bzw. „Installierte Wandabsorber“ auswählen. Zusätzlich erscheinen die Eigenschaften der selbst definierten Absorber auch in der Tabelle der Absorberdaten. Wenn Sie einen selbst eingegebenen Absorber vollständig aus dem Programm entfernen möchten, betätigen Sie in der Tabelle der Absorberdaten die Schaltfläche „Löschen“.

Prinzipiell sollten die Werte der Absorptionsgrade zwischen 0 und 1 liegen. Aufgrund der Messmethodik finden sich in den Produktdatenblättern teilweise Werte, die geringfügig über 1 liegen. Der Editor akzeptiert zwar Absorptionsgrade bis 1,6, allerdings sollte man sinnvollerweise auch dann höchstens 1 als Absorptionsgrad eingeben, wenn in den Datenblättern höhere Werte angegeben sind.

7.4 Export/Import der Absorberdaten

Wenn die Absorberdaten angezeigt werden, befindet sich unterhalb der Tabelle eine Schaltfläche „Export der Absorberdaten“. Durch Klicken auf diese Schaltfläche öffnet sich ein Dialogfenster und verlangt die Eingabe eines Dateinamens. Anschließend können Sie den Speicherort der Datei festlegen.

Um eine bereits gespeicherte Absorberdatei in das Programm zu importieren, wählen Sie die Schaltfläche „Importdatei auswählen“. Wählen Sie nun die Datei aus, die Sie importieren möchten und bestätigen Sie Ihre Auswahl. Der Dateiname wird nun unterhalb der Tabelle der Absorberdaten angezeigt. Betätigen Sie nun die Schaltfläche „Importieren“, um die in der Datei hinterlegten Absorberdaten in den Raumakustikrechner zu übernehmen.

Autor: Dr. Florian Schelle
Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA),
Sankt Augustin