

Neue Entwicklungen bei der Qualifikation reflexionsarmer Räume

Christian Bethke, Volker Wittstock

Physikalisch-Technische Bundesanstalt, 38116 Braunschweig, christian.bethke@ptb.de

Einleitung

Reflexionsarme Räume werden für sehr unterschiedliche Zwecke und Messungen genutzt, zum Beispiel für

- Kalibrierungen bzw. Frequenzgangbestimmungen von Mikrofonen,
- Frequenzgangbestimmungen von Lautsprechern,
- Schalleistungsmessungen von Anlagen und Maschinen,
- Kalibrierungen von Referenzschallquellen,
- Hörversuche.

Qualifizierende Normen und deren Unterschiede

Bisher war die einzige Norm, die das Vorgehen bei der Überprüfung von reflexionsarmen Räumen beschreibt, eine Norm zur Schalleistungsbestimmung, die DIN EN ISO 3745 [1]. Hier wird im Anhang A festgelegt

- welcher Art und Qualität die Prüfschallquelle zu sein hat,
- welches Prüfsignal zu verwenden ist,
- dass die Messung auf Messpfaden durchzuführen ist,
- wieviele solcher Pfade zu verwenden und wie diese im Raum auszurichten sind.

Entlang der Pfade wird die Abnahme des Schalldruckpegels in Abhängigkeit von der Entfernung zur Prüfquelle gemessen und mit dem theoretisch im Freifeld zu erwartenden Verlauf verglichen. Die Abweichungen zum idealen Freifeld müssen dann innerhalb der in dieser Norm vorgegebenen Grenzen liegen. Alle reflexionsarmen Räume werden somit nach dem selben Verfahren mit den selben Grenzen überprüft.

Die unterschiedlichen Anwendungen von Freifeldräumen erfordern jedoch möglicherweise andere Anforderungen an die Qualität des Freifelds, seien es höhere oder niedrigere. Daher wurde nun eine neue Norm, die ISO 26101 [2], geschaffen, die das Verfahren zur Qualifikation reflexionsarmer Räume, ähnlich wie ISO 3745, beschreibt. Die maximal zulässige Abweichung vom idealen Freifeld kann jedoch dem Anwendungszweck entsprechend angepasst werden, etwa durch eine andere Norm oder Prüfvorschrift. Falls solche Anforderungen nicht vorliegen, sollen die in der ISO 26101 angegebenen Werte gelten, die mit den bisherigen Kriterien der ISO 3745 identisch sind. Die ISO 26101 ist demnach ein Rahmenmessverfahren, auf das andere Messnormen oder Messvorschriften mit anderen zulässigen Abweichungen vom Freifeld verweisen können.

Das Verfahren der Qualifikation ist in der ISO 26101 etwas überarbeitet worden. Zum einen ist die Anzahl und die Lage der Messpfade im Raum geändert worden. In der ISO 3745

sind 3 Pfade in die Raumecken vorschrieben, ein Pfad auf die nächste Raumfläche und einer ist dann frei wählbar. Die Messpfade in die Raumecken seien hier an einem Beispiel diskutiert. Dazu sind in Abb. 1 die Abweichungen vom idealen Freifeld auf 7 Pfaden in einem Halb-Freifeldraum für 250 Hz aufgetragen. Die roten Linien zeigen die Abweichungen der Pfade, die in die oberen Raumecken weisen. Es zeigt sich, dass es dort zwischen den Kurven nur geringe Unterschiede gibt. Die Messung in mehrere Raumecken ist aus diesem Grund nicht erforderlich. In der neuen ISO 26101 ist daher nur ein Pfad in eine Raumecke vorgesehen. Die anderen Pfade weisen in eine Raumkante, auf das Zentrum einer Raumfläche, auf eine Raumfläche mit Türen, Ventilationsöffnungen oder Beobachtungsfenstern und schließlich auf die Raumfläche mit der geringsten Entfernung zur Schallquelle. Der Raum wird durch diese unterschiedlichen Pfadausrichtungen, auch auf aus akustischer Sicht kritische Einbauten, optimal abgetastet.

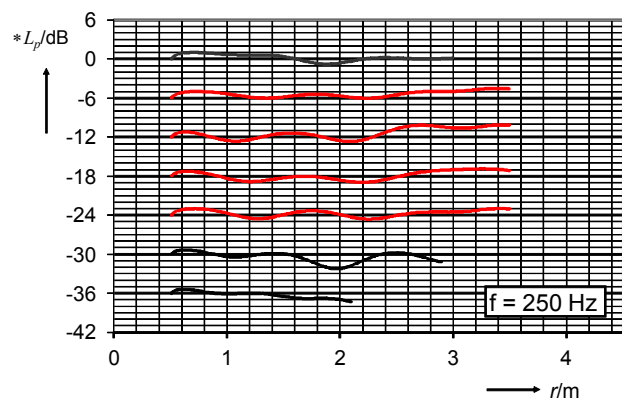


Abbildung 1: Gemessene Abweichungen vom idealen Freifeld, pro Pfad um -6 dB verschoben

Die nächste Änderung betrifft die Länge der Messpfade. Nach ISO 3745 beginnt die Aufzeichnung der Schalldruckpegel in einem Abstand von 0,5 m vom Zentrum der Prüfschallquelle. Die Länge der Messpfade bestimmt dann der Benutzer des Messraums. Meistens erfolgt die Messung bis unmittelbar zur Oberfläche der Raumauskleidung.

In ISO 26101 ist nun eine Mindestpfadlänge von einer halben Wellenlänge bei der niedrigsten Testfrequenz vorgegeben (Abbildung 2). Der Startpunkt der Abtastung kann bis zu einer Viertel-Wellenlänge bei der niedrigsten Testfrequenz vom Zentrum der Quelle entfernt sein. Dieser Startpunkt gilt für alle Frequenzen. Das heißt, dass bei einer unteren Frequenz von z.B. 50 Hz die Mindestpfadlänge etwa 3,5 m beträgt. Damit ist die untere Grenzfrequenz des Raumes durch seine Abmessungen vorgegeben. Nach ISO 26101 heißt das, dass der Raum für eine untere Grenzfrequenz von 50 Hz mindestens eine Grundfläche von

8 m × 8 m und eine Höhe von etwa 4,5 m aufweisen muss. In früheren Ausgaben der ISO 3745 war die Tiefe des Wandaufbaus aus Absorber und dahinter liegendem Luftraum für die untere Grenzfrequenz eines reflexionsarmen Raumes maßgeblich. Dabei sollte die Tiefe des Wandaufbaus einer Viertel-Wellenlänge der unteren Frequenz entsprechen. In der gültigen Ausgabe von ISO 3745 wird dazu keine Angabe gemacht.

In einem Änderungsentwurf zu ISO 26101 bzw. ISO 3745 wird jetzt, um die Länge der abzutastenden Pfade zu reduzieren, vorgeschlagen, nur noch eine Pfadlänge von einer Viertel-Wellenlänge abzutasten.

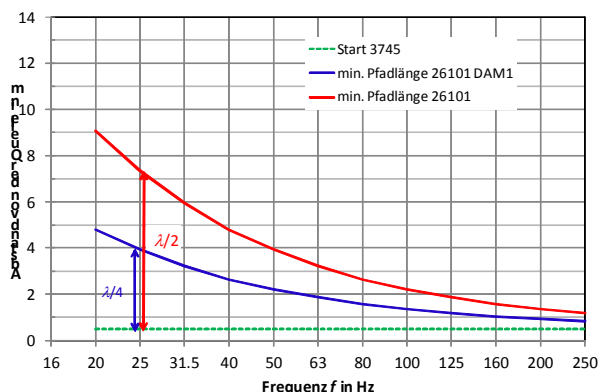


Abbildung 2: Pfadlängen nach ISO 26101

Das Prinzip des Qualifikationsverfahrens besteht jedoch darin, eine eventuelle Stehwelligkeit in einem reflexionsarmen Raum zu erfassen. Dazu wird eine Abtastlänge von mindestens einer halben Wellenlänge benötigt, eher mehr, wie in Abb.: 3 ersichtlich ist.

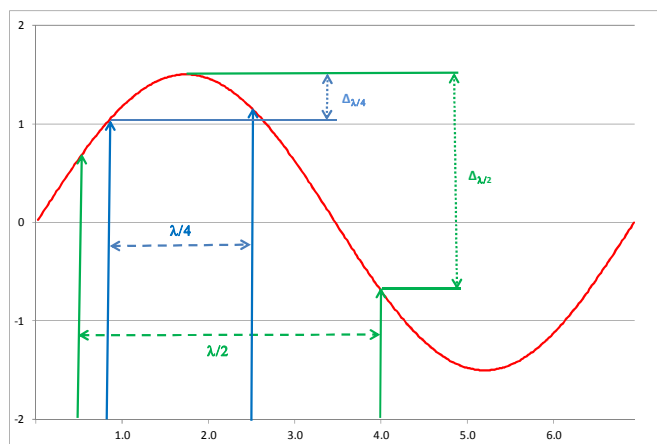


Abbildung 3: Abtastung der Welligkeit

Selbst bei einer Abtastlänge von $\lambda/2$ ist eine vollständige Erfassung der Welligkeit nicht gegeben, erst recht wenn diese Länge auf $\lambda/4$ reduziert wird. Ist der Startpunkt der Abtastung variabel, werden zudem unterschiedliche Werte für die Abweichung zum Entfernungsgesetz ermittelt.

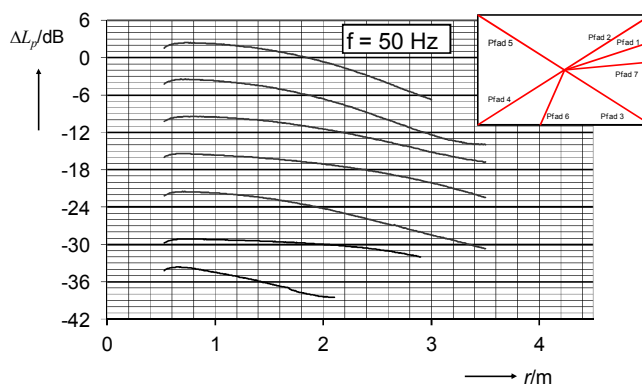


Abbildung 4: Reale Messung

In Abb. 4 ist eine Messung in einem Halb-Freifeldraum dargestellt. Der Raum hat eine fast quadratische Grundfläche von etwa 4,4 m × 4,6 m. In diesem Raum wurden 7 Messpfade realisiert, wovon die Pfade 2-5 in die oberen Raumecken weisen, Pfad 6 weist auf die Tür, Pfad 1 auf eine Raumkante und der kürzeste Pfad 7 auf das Zentrum der rechten Wand. Es sind die Abweichungen der Pfade bei einer Messfrequenz von 50 Hz aufgetragen. Hier hätte man nach ISO 26101, beginnend bei einem Abstand von 0,5 m von der Testquelle, eine Pfadlänge von etwa 4 m abtasten müssen. Aufgrund seiner Abmessungen können jedoch nur wesentlich kürzere Pfadlängen realisiert werden. Es ist gerade bei den langen Pfaden in die Raumecken deutlich die Stehwelligkeit zu erkennen, die aber in ihrer Gänze nicht erfasst werden kann. Entscheidend für den Bereich in dem der Raum als reflexionsfrei gelten kann ist hier der kürzeste Pfad 7. Nach ISO 26101 wäre für diesen Raum die unterste Frequenz bei etwa 100 Hz.

Zusammenfassung

Mit der neuen ISO 26101 wurde ein generelles Verfahren für die Qualifikation reflexionsarmer Räume entwickelt. Andere Normen und Messvorschriften können mit, je nach Messaufgabe, anderen zulässigen Abweichungen zum idealen Freifeld auf diese verweisen. Durch die hier vorgegebene Anordnung und Verteilung der Messpfade werden die Gegebenheiten der Messräume besser erfasst. Jedoch wird die untere Grenzfrequenz für reflexionsarme Räume weiterhin nicht klar definiert.

Literatur

- [1] DIN EN ISO 3745, *Akustik - Bestimmung der Schalleistungs- und Schallenergiepegel von Geräuschquellen aus Schalldruckmessungen - Verfahren der Genauigkeitsklasse 1 für reflexionsarme Räume und Halbräume*, Juli 2012
- [2] ISO 26101, *Acoustics - Test methods for the qualification of free-field environments*, März 2012