

Prüfverfahren zur Wirkung mechanischer Schwingungen auf Schallpegelmessgeräte

Ingolf Bork

Physikalisch-Technische Bundesanstalt, 38116 Braunschweig, Arbeitsgruppe Geräuschesstechnik,
E-Mail: ingolf.bork@ptb.de

Einleitung

Bei der Bauartzulassung von Schallpegelmessgeräten (SPM) ist zu prüfen, ob unter definierten realistischen Bedingungen die angezeigten Messwerte innerhalb der Grenzwerte der Norm liegen [1][2]. Obwohl in der Anlage 21 zur Eichordnung gefordert wird, dass das Verhalten bei der Einwirkung mechanischer Schwingungen den anerkannten Regeln der Technik entsprechen soll, gibt es zurzeit kein genormtes Messverfahren zur Prüfung dieses Einflusses [3]. Da in der Praxis der Schallmessung häufig mit erhöhter Schwingungseinwirkung zu rechnen ist, so z.B. bei Messungen in und an Fahrzeugen, in Maschinenhallen oder auf Brücken, wurde ein Messverfahren entwickelt, das den Einfluss von mechanischen Schwingungen auf die Messgenauigkeit quantitativ erfassen soll.

Messverfahren

Das Messprinzip sei anhand der Skizze in Abbildung 1 erläutert: Unter Freifeldbedingungen wird über einen Lautsprecher ein Sinuston von 1kHz abgestrahlt, dessen Pegel bei konstanter Frequenz am Messort in 1dB Stufen zwischen 30dB und 94dB variiert wird. Im Abstand von 1m werden ein Referenzschallpegelmessgerät und das zu prüfende Gerät (ein abgesetztes Mikrofon oder ein Schallpegelmesser) so angeordnet, dass beide im gleichen Winkel zum Lautsprecher stehen. Unter diesen Bedingungen würden beide Geräte auf ihrer Anzeige den linearen Zusammenhang zwischen dem eingestellten 1kHz-Pegel und dem gemessenen Pegel wiedergeben (vgl. gestrichelte Gerade in Abbildung 2).

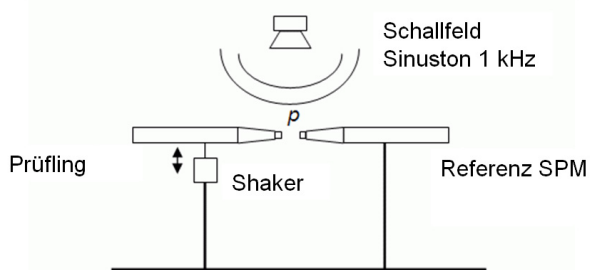


Abbildung 1: Messaufbau zur Prüfung des Einflusses mechanischer Schwingungen

Wirkt nun mittels eines Shakers auf das Stativ des Prüflings eine Beschleunigung von 1m/s^2 , werden durch verschiedene Mechanismen von beiden Geräten erhöhte Pegel angezeigt, deren Abhängigkeit vom Pegel des Lautsprechers in Abbildung 2 wiedergegeben ist:

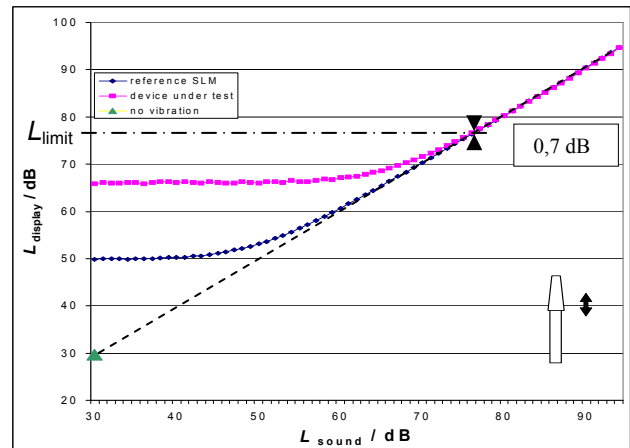


Abbildung 2: Zusammenhang zwischen angezeigtem LAS-Pegel und dem Pegel des 1kHz-Sinustons bei Anlegen einer konstanten Beschleunigung in Referenzrichtung des Messmikrofons.

1. Durch die Schwingung wird die Mikrofonmembran des Prüflings gegenüber der ruhenden Luft bewegt, und es wird ein erhöhter Pegel angezeigt.
2. Die Bewegung des Prüflings bewirkt eine dipolartige Schallabstrahlung von dessen Oberflächen, die sowohl vom Prüfling als auch vom Referenzgerät gemessen wird.
3. Der bewegliche Teil des Shakers strahlt ebenfalls Schall ab, der für die Messung so weit wie möglich unterdrückt werden muss, z.B. durch Kapselung der Oberfläche und Abdichtung der kreisförmigen Führungsfuge.

In Abbildung 2 lassen sich diese Einflüsse direkt ablesen: Das Dreieck kennzeichnet den Startpegel des 1kHz-Tones ohne Schwingung; beim Einschalten der Schwingung steigt der breitbandig gemessene Pegel des Prüflings auf 67dB(A) während das Referenzgerät 50dB(A) anzeigt. Die Differenz dieser beiden Werte spiegelt den Einfluss der Schwingung wider: das Referenzgerät misst neben dem relativ schwachen Sinuston die wesentlich stärkere A-bewertete Schallabstrahlung des schwingenden Prüflings, während der Prüfling selbst zusätzlich noch die Vibrationseinwirkung auf die Mikrofonmembran erfasst.

Ein Grenzwert L_{limit} für die untere Grenze des linearen Arbeitsbereichs wird definiert durch die Bedingung, dass oberhalb davon die Differenz zwischen Prüfling und Referenzgerät kleiner als 0,7 dB ist.

Schallabstrahlung eines schwingenden SPM

Die Wirkung der Schallabstrahlung wird in Abbildung 3 veranschaulicht. Sie zeigt eine FEM-Berechnung des Schallfeldes eines in Referenzrichtung mit 100Hz schwingenden Schallpegelmessers, wobei der Dipolcharakter durch das Pegelminimum nahe der Mittenebene des SPM (blau gefärbter Pegelbereich) deutlich wird. Die Schallabstrahlung konzentriert sich auf das Mikrofon und mit umgekehrten Vorzeichen auf den Gehäuseboden.

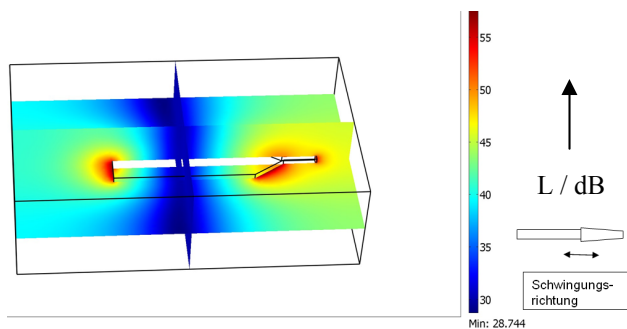


Abbildung 3: FEM-Berechnung der Schallabstrahlung eines in Referenzrichtung schwingenden SPM (Pegeldarstellung)

Messungen

Zur Messung der Frequenzabhängigkeit des Einflusses mechanischer Schwingungen zwischen 31,5 Hz und 1 kHz wird als Signal ein Swept-Sine (drei Sweeps/s) mit Oktav- bzw. Terz-Bandbreite verwendet, dessen Stärke auf 1m/s^2 geregelt wird. Registriert wird der Mittelwert aus drei mit der Slow-Zeitbewertung gemessenen Pegelwerten, um die Messung aller angeregten Frequenzen sicherzustellen.

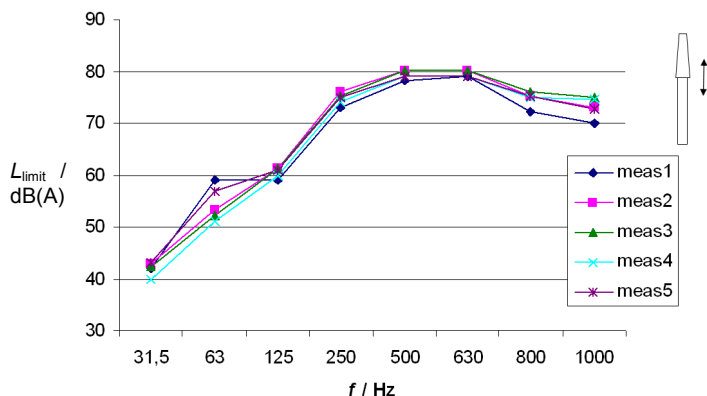


Abbildung 4: Verschiebung der unteren Linearitätsgrenze in Abhängigkeit von der Bandmittenfrequenz des Anregungssignals, fünffache Reproduzierbarkeitsmessung nach Neumontage

Abbildung 4 zeigt die Frequenzabhängigkeit des Schwingungseinflusses auf die untere Grenze des linearen Arbeitsbereichs für Schwingungen in Referenzrichtung. Die gleichen Messungen in der hierzu senkrechten Richtung zeigen einen grundsätzlich anderen Verlauf, da hier das ganze Gehäuse des SPM zu Eigenresonanzen angeregt werden kann, und somit haben auch Gehäuseform, -material und -dämpfung einen Einfluss auf das Ergebnis. Die Maximalwerte beider Messreihen werden bei der Bauartprüfung den Herstellern der SPM für die Benutzerinformation im Handbuch zur Verfügung gestellt.

Die Streuung der Kurven in Abbildung 4 geben einen Einblick in Problematik der Reproduzierbarkeit der Messergebnisse. Da die Schwingungsankopplung von mehreren Variablen bei der Montage abhängig ist (z.B. Drehmoment der Stativverschraubung), liegt die Messunsicherheit zurzeit mit etwa 3 dB noch relativ hoch.

Zum Vergleich verschiedener Bauarten sind in Abbildung 5 diese Maximalwerte von fünf verschiedenen SPM-Typen grafisch dargestellt. Deutlich wird hier der starke Einfluss der Schwingung auf den linearen Arbeitsbereich besonders bei Anregung in Referenzrichtung.

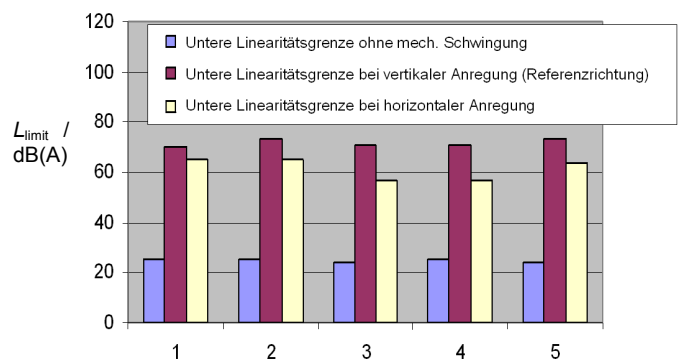


Abbildung 5: Verschiebung der unteren Grenze des linearen Arbeitsbereichs bei fünf verschiedenen Typen von SPM ohne Berücksichtigung der Frequenzabhängigkeit

Zusammenfassung

Mechanische Schwingungen können den linearen Arbeitsbereich von Schallpegelmessgeräten erheblich beschränken. Dieser Einfluss sollte dem Benutzer durch Hinweise im Handbuch bewusst gemacht werden. Durch im SPM integrierte Sensoren könnte auch eine automatische Warnung im Display realisiert werden.

Literatur

- [1] DIN EN 61672-1(2003): Elektroakustik - Schallpegelmesser Teil 1: Anforderungen
- [2] DIN EN 61672-2(2003): Elektroakustik - Schallpegelmesser Teil 2: Baumusterprüfungen
- [3] Anlage 21 zur Eichordnung (2004): Schallpegelmessgeräte