

Die Berücksichtigung von Messunsicherheit und Toleranzen bei Konformitätsaussagen nach akustischen Normen

Thomas Fedtke, Dirk Ratschko

Physikalisch-Technische Bundesanstalt, D-38116 Braunschweig, Email: Thomas.Fedtke@PTB.DE

Einleitung

Traditionell wurde bei der Konformitätsaussage, d.h. bei der Beantwortung der Fragestellung, ob ein Messgerät die Anforderungen einer Spezifikation einhält, die Messunsicherheit des Prüfprozesses meist zu Gunsten des Prüfgegenstandes interpretiert. Erst wenn eine Grenzabweichung um mehr als eine erweiterte Messunsicherheit überschritten war, wurde die Prüfung als "nicht bestanden" beurteilt. Dieses Vorgehen setzte voraus, dass die Messunsicherheit genügend klein im Vergleich zur Grenzabweichung war; es gab jedoch keine festen Vorschriften für dieses Verhältnis. In den spezifizierten Grenzabweichungen für Messgeräte wurde diese Vorgehensweise oft "einkalkuliert".

Seit Erscheinen der ISO 14253-1 [1] im Jahre 1998 existieren ein klarer Regelsatz und eindeutige Definitionen für Konformitätsaussagen unter Berücksichtigung der Messunsicherheit des Prüflaboratoriums. Innerhalb des Konformitätsbereiches wird die Einhaltung der Spezifikation automatisch bestätigt und außerhalb des Unsicherheitsbereiches automatisch abgelehnt. Innerhalb des Unsicherheitsbereiches kann keine automatische Bewertung erfolgen (siehe Abbildung 1).

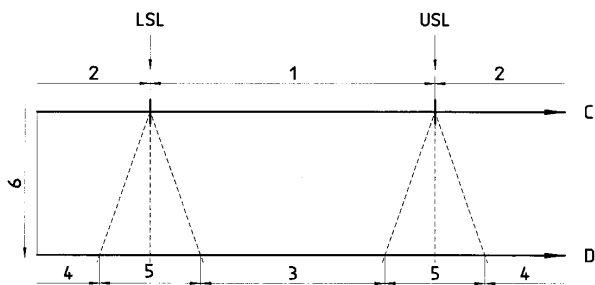


Abbildung 1: Unsicherheitsbereich verringert den Konformitätsbereich (aus ISO 14253-1)

Legende:

C Spezifikation

D Überprüfung

LSL Untere Grenze des Spezifikationsbereiches

USL Obere Grenze des Spezifikationsbereiches

1 Spezifikationsbereich

2 außerhalb der Spezifikation

3 Konformitätsbereich

4 Nicht-Konformitätsbereich

5 Unsicherheitsbereich

6 ansteigende Messunsicherheit U

Seit 2003 wird in Einhaltung der Anforderungen von ISO/IEC 17025 [1] durch die Technischen Komitees ISO/TC 43 „Acoustics“ und IEC/TC 29 "Electroacoustics" durchgesetzt, dass in ihre Bereiche fallende Normen

geeignete Informationen und Anleitungen zur Ermittlung der Messunsicherheit enthalten.

Durch diese beiden Entwicklungen ausgelöst, wurden die Grenzabweichungen in den aktuellen Akustik-Normen überarbeitet und die Berücksichtigung der Messunsicherheit nach den oben beschriebenen Regeln einheitlich geregelt. Angaben über höchstzulässige Messunsicherheiten für den Konformitätsnachweis durch Prüflaboratorien stellen ein ausreichend großes Verhältnis von Grenzabweichung zur Messunsicherheit sicher.

Anwendung bei der Prüfung von Schallpegelmessern nach DIN EN 61672

In der Normenreihe DIN EN 61672 [3] werden hinsichtlich des Konformitätsnachweises folgende Aussagen getroffen:

- (1) Angabe höchstzulässiger erweiterter Messunsicherheiten U_{\max} für Prüflaboratorien
- (2) Angabe von die Messunsicherheit einschließenden Grenzabweichungen G
- (3) Regel für den Konformitätsnachweis (Δ kennzeichnet die Abweichung vom Sollwert):
 $\Delta + U_{\text{Lab}} \leq G$ bei $U_{\text{Lab}} \leq U_{\max}$
- (4) Berechnung des Anteils der Grenzabweichung, der im Rahmen von Entwicklung und Produktion der Geräte durch den Hersteller ausgeschöpft werden darf, durch $G_{\text{SPM}} = G - U_{\max}$

Diese Regel gilt für alle Teile der Normenreihe, also für Bauartprüfungen und periodische Einzelprüfungen gleichermaßen.

Am Beispiel der Prüfung der Frequenzbewertung eines Schallpegelmessers der Genauigkeitsklasse 1 bei der Frequenz 1 kHz ergeben sich für die Aussagen (1) bis (4) folgende Werte (ΔL kennzeichnet die Abweichung des angezeigten Pegels vom Sollwert):

- (1) $U_{\max} = 0,4$ dB
- (2) $G = 1,1$ dB
- (3) Regel für den Konformitätsnachweis:
 $\Delta L + U_{\text{Lab}} \leq 1,1$ dB bei $U_{\text{Lab}} \leq 0,4$ dB
- (4) $G_{\text{SPM}} = G - U_{\max} = 0,7$ dB

Exemplarisch seien zwei Prüflaboratorien betrachtet: Lab A, welches die Messung der Pegelabweichung mit einer erweiterten Messunsicherheit $U_{\text{Lab A}} = 0,1$ dB durchführen kann und Lab B, welches gerade die höchstzulässige erweiterte Messunsicherheit $U_{\text{Lab B}} = U_{\max} = 0,4$ dB einhält. Abbildung 2 veranschaulicht, vereinfachend als einseitige Fragestellung dargestellt, die beiden Situationen in Anlehnung an die Darstellung in Abbildung 1. Man erkennt, dass der Konformitätsnachweis nach (3) im Falle des

Prüflabors A bis zu einer gemessenen Pegelabweichung von 1,0 dB erfolgen kann, für das Prüflabor B ist das nur bis zu einer Abweichung von 0,7 dB möglich.

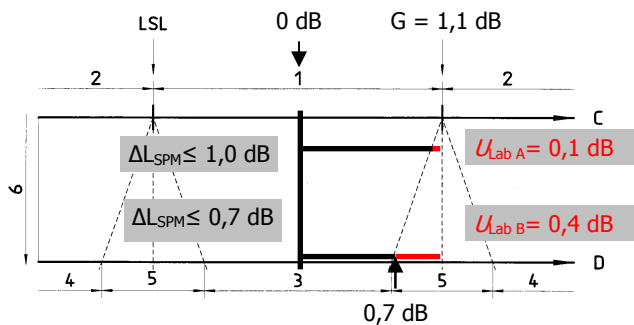


Abbildung 2: Strikte Anwendung des automatischen Konformitätskriteriums nach ISO 14253-1 bei der Prüfung der Frequenzbewertung eines Schallpegelmessers (zur Vereinfachung einseitig dargestellt)

Legende siehe Abbildung 1, ergänzend:
 ΔL_{SPM} Abweichung der Pegelanzeige des Schallpegelmessers
 G Grenzabweichung
 U_{Lab} tatsächliche erweiterte Messunsicherheit des Prüflaboratoriums

Der Anwender kann sich in beiden Fällen im Rahmen der Überdeckungswahrscheinlichkeit der erweiterten Messunsicherheit (ca. 95% für $k = 2$) darauf verlassen, dass die Pegelabweichung des Gerätes höchstens so groß wie die Grenzabweichung $G = 1,1$ dB ist. Prüft Labor A, kann der Hersteller für den Schallpegelmesser eine Pegelabweichung bis 1,0 dB ausschöpfen. Damit kommt es jedoch zum Widerspruch zu Aussage (4), dass $G_{SPM} = G - U_{max} = 0,7$ dB in der Auslegung des Gerätes nicht überschritten werden darf. Dieser Widerspruch ist dem Prüflaboratorium A auf Grund der Messunsicherheit von 0,1 dB nach der Prüfung auch bekannt. Konstruiert man des weiteren die Situation, dass Labor A bis zu einer Pegelabweichung von 1,0 dB im Rahmen einer Bauartprüfung nach DIN EN 61672-2 eine positive Konformitätsaussage trifft, könnte das Gerät mit unveränderten Eigenschaften eine periodische Einzelprüfung nach DIN EN 61672-3 durch Labor B nicht erfolgreich bestehen, da hier die Forderung nach (3) nicht eingehalten wäre:

$$\Delta L + U_{Lab} = 1,0 \text{ dB} + 0,4 \text{ dB} = 1,4 \text{ dB} < 1,1 \text{ dB}$$

Das System aus Bauartprüfung und periodischer Einzelprüfung würde hier versagen. Deshalb wird für diesen Zweck das folgende angepasste Verfahren vorgeschlagen: Es wird das nach Aussage (4) berechnete G_{SPM} als Ausgangspunkt verwendet, siehe Abbildung 3 für das obige Beispiel. Die Prüfung wird nur so lange als erfolgreich betrachtet, wie das nach Aussage (4) berechnete G_{SPM} um nicht mehr als die tatsächliche erweiterte Messunsicherheit U_{Lab} überschritten wird. Das hat zur Folge, dass sich der Anwender eines erfolgreich geprüften Gerätes, je nach Messunsicherheit des Prüflabors, auf eine maximale Pegelabweichung des Gerätes von $\Delta L \leq G_{SPM} + U_{Lab}$ ($>0,7$ dB ... 1,1 dB) verlassen kann. Der Hersteller kann bei dieser

Vorgehensweise, auch bei sehr geringer Messunsicherheit des Prüflabors, höchstens G_{SPM} für die Auslegung des Gerätes ausschöpfen. Das entspricht Aussage (4), stellt aber in allen Fällen, in denen die Messunsicherheit des Prüflabors kleiner als die höchstzulässige Unsicherheit ist ($U_{Lab} < U_{max}$), eine schärfere Forderung als die nach Regel (3) dar. Das ist aber für die Funktion des Systems aus Bauartprüfung und periodischer Einzelprüfung erforderlich.

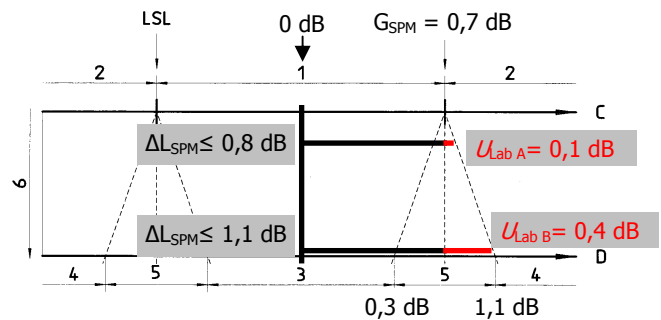


Abbildung 3: Entscheidungskriterium für die Bauartprüfung am Beispiel der Frequenzbewertung eines Schallpegelmessers (zur Vereinfachung einseitig dargestellt)

Legende siehe Abbildung 1, ergänzend:
 ΔL_{SPM} Abweichung der Pegelanzeige des Schallpegelmessers
 G_{SPM} Grenzabweichung für die Schallpegelmesserauslegung
 U_{Lab} tatsächliche erweiterte Messunsicherheit des Prüflaboratoriums

Zusammenfassung

Die Konformitätsaussagen in der Normenreihe DIN EN 61672 für Schallpegelmessers sind in sich widersprüchlich. Eine strikte Anwendung der auf dem Konformitätsbereich nach ISO 14253-1 beruhenden automatischen Konformitätsregel kann zu Problemen im System 'Bauartprüfung – periodische Einzelprüfung' führen. Deshalb wird in der PTB ein angepasstes Verfahren verwendet, das sowohl dem Anwender normkonforme Geräte garantiert als auch eine Nachprüfung der in der Bauartzulassung getesteten Eigenschaften durch ein Prüflabor zulässt, das die höchstzulässigen Unsicherheiten nach DIN EN 61672-1 ausschöpft. Bei der Überarbeitung der Normen sollte auf die Auflösung dieses Widerspruchs geachtet und die Funktion eines Systems aus Bauartprüfung und periodischer Einzelprüfung garantiert werden.

Literatur

- [1] ISO 14253-1:1998, Geometrical Product Specifications (GPS) – Inspection by measurement of workpieces and measuring equipment – Part 1: Decision rules for proving conformance or non-conformance with specifications
- [2] ISO/IEC 17025:2005, Allgemeine Anforderungen an die Kompetenz von Prüf- und Kalibrierlaboratorien
- [3] Normenreihe DIN EN 61672, Schallpegelmessers