

Vergleich der Verfahren zur Ermittlung der Umgebungskorrektur nach DIN EN ISO 3744 an einer Modellmaschine

Ilka Arendt¹

¹ Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, 44149 Dortmund, E-Mail: arendt.ilka@baua.bund.de

Einleitung

Die Ermittlung des Schalleistungspegels von Maschinen erfolgt in der Praxis oft in situ, d. h. am Aufstellungsort in der Produktion. Beim Hüllflächenverfahren der ISO 3744 wird der Schalleistungspegel aus dem Schalldruckpegel bestimmt. In der Folge sind durch die Reflexionen des von der Maschine abgestrahlten Schalls an Raumbegrenzungsflächen und anderen Oberflächen die auf der Hüllfläche um die Maschine ermittelten Schalldruckpegel gegenüber Freifeldbedingungen erhöht. Um diesen Einfluss zu eliminieren, müssen die Raumrückwirkungen als Umgebungskorrektur bestimmt und damit die gemessenen Schalldruckpegel korrigiert werden.

Die Umgebungskorrektur K_2 wird nach prEN ISO 3744 [1] mittels einer Absolutvergleichsmessung ermittelt oder aus der äquivalenten Absorptionsfläche A des Raumes bestimmt. Die äquivalente Absorptionsfläche kann nach folgenden Verfahren ermittelt werden:

- Nachhallverfahren,
- Zwei-Flächen-Verfahren,
- Direktverfahren und
- Näherungsverfahren für Messungen mit A-Bewertung.

In einem Projekt der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) wurden die Korrekturverfahren bei der Ermittlung des Schalleistungspegels an einer Modellmaschine, die in Räumen mit unterschiedlicher Charakteristik aufgestellt wurde, angewandt und einander gegenübergestellt.

Messungen

Für die Messungen wurde eine Maschine simuliert mit den Maßen 2,27 m x 1,20 m x 1,27 m (Länge x Breite x Höhe). Diese Modellmaschine besteht aus neun Holzkisten und zwei Bezugsschallquellen (RSS), angeordnet wie in Abbildung 1 zu sehen.



Abbildung 1: Modellmaschine.

Der Schalleistungspegel der Modellmaschine wurde in sieben verschiedenen Messumgebungen ermittelt, die sich in ihrer Ausdehnung, dem Absorptionsgrad der Raumbegrenzungsflächen und der Streukörperdichte voneinander unterscheiden (Tabelle 1).

Tabelle 1: Übersicht über die Messumgebungen.

Raum	Grundfläche	Raumhöhe	Kurzbeschreibung
R1	140 m ²	6,2 m	reflexionsarmer Halbraum
R2	65 m ²	2,9 m	Seminarraum, Nachhallzeit 0,9 s
R3	65 m ²	2,8 m	Seminarraum, Nachhallzeit 0,5 s
R5	450 m ²	4,3 m	Gang, etwas verwinkelt, seitliche Begrenzungen überwiegend aus Glas
R6	2880 m ²	10,8 m ...17,3 m	Halle mit hoher Decke, zum Teil mit Geräten und Einbauten
R7	420 m ²	10,8 m	kleine Halle mit hoher Decke, weitestgehend leer
R8	2350 m ²	3,8 m	flacher, großflächiger Raum, hohe Streukörperdichte

In allen Räumen wurde der Schalleistungspegel der Modellmaschine auf einer quaderförmigen Hüllfläche mit dem Messabstand 1 m ermittelt. Die Bestimmung des Messflächenschalldruckpegels erfolgte durch Messungen an 9 Messpositionen.

Soweit es die Messumgebungen zuließen, wurden alle nach prEN ISO 3744 zulässigen Verfahren zur Ermittlung der Umgebungskorrektur mit wenigen Abweichungen von der Norm (Absolutvergleichsmessung: nur ein Aufstellungsort für die RSS, R8: Voraussetzungen für die Anwendung der Sabine'schen Formel nicht erfüllt, Zwei-Flächen-Verfahren mit zu kleiner zweiter Hüllfläche aufgrund geringer Raumhöhe) angewandt. Für die Ermittlung der Umgebungskorrektur aus der Absolutvergleichsmessung wurde die Bezugsschallquelle auf zwei verschiedenen Positionen unter der gleichen Quaderhüllfläche wie für die Modellmaschine positioniert. Sie befand sich mittig auf der höchsten Fläche der Modellmaschine und nach Abbau der Maschine mittig unter der Quaderhüllfläche.

Ergebnisse

Bei Anwendung der verschiedenen zugelassenen Verfahren zur Ermittlung der Umgebungskorrektur erhält man voneinander abweichende Resultate (Abbildung 2).

Die Messungen ergaben Schalleistungspegel, die vom im reflexionsarmen Raum R1 ermittelten Referenzwert für die Modellmaschine um 1,7 dB nach unten und bis zu 5,3 dB nach oben abweichen (Abbildung 3). Die Ergebnisse weisen damit Abweichungen auf, die deutlich über der für eine Messung der Genauigkeitsklasse 2 angegebenen Messunsicherheit von 1,5 dB (EN ISO 3740, Tabelle 2 [2]) liegen.

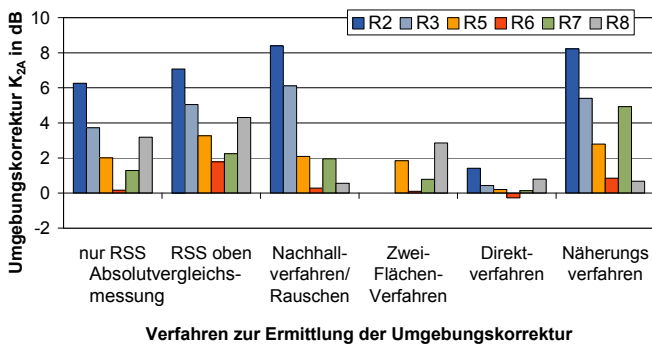


Abbildung 2: Umgebungskorrektur K_{2A} in den verschiedenen Messumgebungen in Abhängigkeit vom Korrekturverfahren.

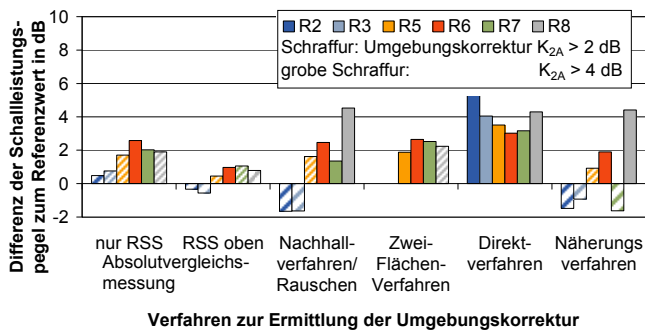


Abbildung 3: Differenzen der ermittelten Schalleistungspegel in den verschiedenen Messumgebungen zum Referenzwert in Abhängigkeit vom Korrekturverfahren.

Ausgehend von der Annahme, dass der Referenzwert dem wahren Schalleistungspegel entspricht, wird bei den meisten der ermittelten Schalleistungspegel die für die Norm angegebene Messunsicherheit überschritten. Bei 22 von 34 ermittelten Schalleistungspegeln beträgt die Differenz zum Referenzwert über 1,5 dB. Lediglich drei dieser Werte sind aufgrund zu hoher Raumrückwirkung auszuschließen (siehe Tabelle 2).

12 Ergebnisse liegen im Bereich der für diese Norm vorgegebenen Messunsicherheit. Hiervon sind jedoch 7 Werte aufgrund der nichterfüllten Forderungen für die Raumrückwirkung ($K_{2A} \leq 2$ dB, 2 dB $< K_{2A} \leq 4$ dB unter bestimmten Bedingungen) auszuschließen. Nur 5 der Ergebnisse erfüllen die Forderungen für die Umgebungskorrektur und liegen im Bereich einer Messunsicherheit von 1,5 dB.

D. h. nur für 8 der 34 Ergebnisse stimmt die Entscheidung über die Anwendbarkeit der Norm aufgrund der Kriterien für die Umgebungskorrektur mit der Einhaltung der für die Norm angegebenen Genauigkeit des Ergebnisses überein. In 26 Fällen erfolgt dagegen eine Fehlentscheidung, in 19 ist die Norm aufgrund der Kriterien für die Umgebungskorrektur trotz zu hoher Messungengenauigkeit anwendbar.

Für die Räume R2, R3 und R8 wurden relativ hohe Umgebungskorrekturen ermittelt. R2 und R3 sind im Verhältnis kleine Räume. Die Modellmaschine befand sich zudem nahe einer Wand. Raum R8 ist ein flacher Kellerraum mit hoher Streukörperdichte. In allen drei Räumen ist daher eine große Raumrückwirkung zu erwarten. Die Räume R6 und R7 sind große Räume bzw. Hallen mit hoher Decke. Die Modellmaschine wurde jeweils in der Raummitte aufgestellt.

Daher ist eine geringere Raumrückwirkung zu erwarten. Im Raum R7 sind in etwa Freifeldbedingungen gegeben.

Tabelle 2: Bewertung der Ergebnisse hinsichtlich der Einhaltung der Forderungen für die Umgebungskorrektur sowie der Abweichung vom Referenzwert.

- ✓ K_{2A} innerhalb der Forderungen, Differenz des ermittelten Schalleistungspegels zum Referenzwert $\leq 1,5$ dB
- × K_{2A} erfüllt Forderungen nicht, Differenz des ermittelten Schalleistungspegels zum Referenzwert $> 1,5$ dB
- K_{2A} K_{2A} erfüllt Forderungen nicht, Differenz des ermittelten Schalleistungspegels zum Referenzwert $\leq 1,5$ dB
- L_{WA} K_{2A} innerhalb der Forderungen, Differenz des Schalleistungspegels zum Referenzwert $> 1,5$ dB

angewandtes Verfahren zur Ermittlung der Umgebungskorrektur		R2	R3	R5	R6	R7	R8
		Bewertung des Ergebnisses					
Absolutvergleichsmessung	nur RSS	K_{2A}	✓	L_{WA}	L_{WA}	L_{WA}	L_{WA}
	RSS oben	K_{2A}	K_{2A}	✓	✓	✓	K_{2A}
Nachhallverfahren/Rauschen		×	×	L_{WA}	L_{WA}	✓	L_{WA}
Zwei-Flächen-Verfahren		-	-	L_{WA}	L_{WA}	L_{WA}	L_{WA}
Direktverfahren		L_{WA}	L_{WA}	L_{WA}	L_{WA}	L_{WA}	L_{WA}
Näherungsverfahren		K_{2A}	K_{2A}	K_{2A}	L_{WA}	×	L_{WA}

Während die Schalleistungspegel in den Räumen R2 und R3 bei zum Teil deutlich zu hohen Umgebungskorrekturen meist im Bereich einer Messungengenauigkeit von 1,5 dB liegen, weichen sie in den Räumen R5 bis R8 trotz weitestgehender Einhaltung der Forderungen für die Umgebungskorrektur in den meisten Fällen um mehr als 1,5 dB vom Referenzwert ab. Die Anwendbarkeit der Korrekturverfahren sollte demnach nicht von der Größe der ermittelten Umgebungskorrektur sondern vielmehr von der Gestaltung des Raumes abhängig sein.

Von den Verfahren zur Ermittlung der Umgebungskorrektur führt nur die Absolutvergleichsmessung mit auf der Modellmaschine stehender Bezugsschallquelle in allen Messumgebungen zu ausreichend genauen Ergebnissen. Für alle anderen Korrekturverfahren beträgt die Abweichung vom Referenzwert in wenigstens der Hälfte der Messumgebungen über 1,5 dB.

Die Ermittlung der Umgebungskorrektur ausschließlich nach prEN ISO 3744 führt bei der vorliegenden Versuchsanordnung zu keinem zufrieden stellenden Ergebnis. Für eine weiterführende Diskussion der Anwendbarkeit der Korrekturverfahren sind zusätzliche Versuchsreihen erforderlich.

Literatur

- [1] prEN ISO 3744:2006 Akustik – Bestimmung der Schalleistungs- und der Schallenergiepegel von Geräuschquellen aus Schalldruckmessungen – Hüllflächenverfahren der Genauigkeitsklasse 2 für ein im Wesentlichen freies Schallfeld über einer reflektierenden Ebene
- [2] EN ISO 3740:2000 Akustik – Bestimmung der Schalleistungspegel von Geräuschquellen – Leitlinien zur Anwendung der Grundnormen