

# Anpassen der Meßumgebung für Geräuschmessungen an Maschinen entsprechend Normanforderungen

Gottfried Hoppe\*, Gustav A. Sehndt\*\*

\*Ingenieurbüro für Akustik und Bauphysik Schwetcke und Partner GBR, Dortmund

\*\*Gustav A. Sehndt, Beratung zur Lärminderung, Köln

## 1 Gewünschte Meßumgebung

Geräuschmessungen an Maschinen entsprechend den Normen DIN EN ISO 3744 und 3746 für den Schalleistungspegel und DIN EN ISO 11202 und 11204 für den Emissionschalldruckpegel erfordern eine Meßumgebung, die sich dem freien Schallfeld annähert. Die Abweichung, die sich bei üblichen Betriebsräumen ergibt, wird durch Umgebungskorrekturen berücksichtigt.

Zur Ermittlung des Schalleistungspegels gemäß DIN EN ISO 3747 wird andererseits eine gewisse Halligkeit der Meßumgebung vorausgesetzt; Korrekturen sind hier nicht vorgesehen.

Die bisher genannten Verfahren gehen von Messungen des Schalldruckpegels aus. Wird stattdessen der Intensitätspegel gemessen und daraus sowohl der Schalleistungspegel als auch der Emissionschalldruckpegel bestimmt, können die Anforderungen an die Meßumgebung soweit verringert werden, daß nach DIN EN ISO 9614-1 und -2 bzw. 11205 die Ermittlung der Emissionskenngrößen *in situ* möglich ist.

Bei diesen neueren Verfahren sind zwar keine Korrekturen vorgesehen, aber es wird mit Indikatoren geprüft, ob die Meßanordnung in der gewählten Umgebung zu sinnvollen Ergebnissen führen kann.

Die Auswirkungen der Meßumgebung lassen sich bei der Ermittlung des Schalleistungspegels in gewissen Grenzen durch die Wahl des Meßabstandes und damit der Größe der Meßfläche beeinflussen. Der Preis dafür ist sowohl für das Schalldruck- als auch das Intensitätsverfahren hoch; die Zahl der Meßpunkte bzw. der Abtastlinien muß erhöht werden.

Die Wahl der Meßumgebung kann auch bedeuten, einen Raum durch Veränderung der Begrenzungsflächen an die Normanforderungen anzupassen. Diese Möglichkeit sollte im Rahmen eines von der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) geförderten Vorhabens untersucht werden.

## 2 Versuche zur Anpassung

Besonders kritisch ist die Meßumgebung für stark gerichtet abstrahlende Schallquellen, weil z.B. die Umgebungskorrekturen örtliche Änderungen des Schallfeldes nicht ausreichend berücksichtigen. Da andererseits die akustischen Fragen im Vordergrund stehen sollten, wurden die Versuche mit einem Maschinenmodell geplant. Mit dem hier verwendeten Modell, einer Großraumlimousine des Typs 806 des Herstellers Peugeot, Baujahr 1998, kann ebenso wie mit den in ähnlichen Vorhaben [1] benutzten Fahrzeugen eine Maschine mit einer großen Spanne des Freifeld-Richtwirkungsmaßes nachgebildet werden. Dazu wird mit einem Dodekaeder-Lautsprechersystem des Typs UVW des Herstellers Norsonic weißes Rauschen durch ein einzelnes geöffnetes Fenster oder vom allseits geschlossenem Fahrzeug abgestrahlt.

Messungen des Schalldruck- und Intensitätspegels fanden in drei verschiedenen Räumen der BAuA statt, siehe Tabelle 1. Grundsätzlich wurde mit der auf 12 mm Abstand eingestellten Sonde B&K Typ 3548 mit Mikrofonpaar Typ 4181 und Analysator B&K Typ 2144 gemessen, der betrachtete Frequenzbereich auf die Terzbänder mit  $f_m = 200$  bis 5000 Hz beschränkt. Die glatten Wandoberflächen in den Betriebsräumen, siehe Tab. 1, wurden zeitweilig mit zusätzlichen PU-Schaumplatten von etwa 10cm Dicke,

Absorption gemäß Herstellerangaben in Tabelle 2, bekleidet.

**Tabelle 1 : Verwendete Räume**

Raum	l x b x h [m]	Volumen [m <sup>3</sup> ]	Bekleidete Fläche [m <sup>2</sup> ]	K <sub>2,1k</sub> dB
HFFR	14x9x6	760	Wand, Decke	"0"
Halle	22,5x 18,5x10	4160	1 Wand = 30	2 ? (2,3)
Einft.	8x5x4	160	3 Wände = 80	2,5 (7)

**Tabelle 2 : Absorptionsgrad der zusätzl. Bekleidung in Oktavbändern**

Fm [Hz]	250	500	1000	2000	4000
alpha	0,44	0,88	1,0	1,0	1,0

Die Verwendung eines Kraftfahrzeuges als Maschinenmodell hat neben der vorteilhaften Beweglichkeit allerdings auch Nachteile. Die Spektren der verschiedenen Abstrahlversionen haben keine Ähnlichkeit wie Tabelle 3 für Oktavbänder zeigt.

**Tabelle 3: Oktavspektren (LwOktav) des Maschinenmodells für ungerichtete und gerichtete Abstrahlung in dB**

Version/ fm[Hz]	250	500	1000	2000	4000
F1, ungerichtet	71	65	62	61	61
F2, gerichtet	75	73	74	77	73

Bei völlig geschlossenem Fahrzeug werden die höheren Frequenzen des weißen Rauschens dank der heutigen Bauweise sehr stark gedämmt gegenüber der Abstrahlung aus einem geöffneten Seitenfenster.

Aussagen über die entsprechend gesetzlicher Anforderungen hauptsächlich interessierenden A-bewerteten Emissionskenngrößen sind daher nicht vergleichbar. Dazu müssen die in Terz- oder Oktavbändern ermittelten Abweichungen von den unter Idealbedingungen im Halbfreifeldraum (HFFR) bestimmten Pegeln auf entsprechend ausgewählte Spektren angewendet und daraus zu erwartende Abweichungen der A-Pegel errechnet werden. In Tabelle 4 sind zwei relative Spektren in Oktaven A-bewertet dargestellt. Das

**Tabelle 4 : A-bewertete relative Oktavspektren in dB zur Umrechnung auf reale Geräusche**

Spektr./fm[Hz]	250	500	1000	2000	4000
"Industrie"	-11	-6	-5	-6	-10
M [pr EN 352]	-14	-8,8	-5,7	-4,6	-7,6

Spektrum "Industrie" wurde bereits mehrfach für ähnliche Untersuchungen benutzt [1], das Spektrum M wird zur normgerechten Prüfung von Gehörschützern neben zwei weiteren verwendet und ist aus Messungen in Industriebetrieben hervorgegangen. Ersteres wird wegen der Vergleichsmöglichkeiten mit vorliegenden Ergebnissen hier bevorzugt.

Die Ermittlung der mittleren Umgebungskorrektur K<sub>2</sub> kann auf verschiedene Weise erfolgen; hier wird allein die durch Messungen an einer Vergleichsschallquelle (VSQ) B&K Typ 4142 bestimmte Korrektur verwendet. Allerdings wurde die Meßfläche variiert, für die das K<sub>2</sub> jeweils ermittelt wurde, siehe Tabelle 5.

Zur Ermittlung des Schalleistungspegels der zwei Abstrahlversionen wurden Schalldruckpegel an 28 Punkten, Intensitätspegel an 94 Punkten auf einem Quader, in 1 m Abstand gemessen, Tabelle 5.

**Tabelle 5 : Verwendete Meßflächen**

	Form	r[m]	Fläche [m <sup>2</sup> ]	L <sub>S</sub> dB	n Meßpunkte gemäß ISO	
					3744	9614
Q 1	Quader		80	19	28	94
Q 2	Quader		20	13	9	./.
H 1	Halbkugel,	3,6	80	19	20	./.
H 2	Halbkugel,	1,8	20	13	20	./.

Emissionsschalldruckpegel wurden auf dem Quader Q 1 an 22 Punkten in einer Höhe von 1,36 m, als Teilmenge der Punkte für ISO 9614, gemessen. Zur Erfassung der Unregelmäßigkeiten des Schallfeldes in Mikrophonhöhe wurde das Mikrophon in zwei verschiedenen Meßumgebungen in cm-Schritten verschoben.

### 3 Ergebnisse

Oktavschalleistungspegel bestimmt gemäß ISO 3744 in der Einfahrt ohne und mit zusätzlicher Absorption wurden mit den im HFFR ermittelten Werten verglichen, siehe Bilder 1 und 2. Werden die gemäß ISO 9614-1 bestimmten Werte als die "wahren" herangezogen, ergeben sich die Abweichungen in Bild 1, bei Bezug auf die nach ISO 3744 ermittelten die in Bild 2. In beiden Bildern wird deutlich wie wenig die Einfahrt ohne zusätzliche absorbierende Auskleidung für Geräuschmessungen geeignet ist. Allerdings unterscheiden sich die Bilder um einen frequenzunabhängigen Betrag von etwa 2 dB. Da die Schalleistungspegel nach ISO 3744 im HFFR aus den Schalldruckwerten der an 94 Meßpunkten durchgeführten Messung mit der Intensitätssonde berechnet wurden und damit andere Fehler weitgehend auszuschließen sind, kann die beobachtete Abweichung von 2 dB nur der Winkelfehler sein. Bisher wird dieser teils in der Meßpunktanordnung nach ISO 3744 berücksichtigt, teils bewußt in Kauf genommen, auch bei der Bestimmung der Umgebungskorrektur K<sub>2</sub>. Eine praktikable Lösung dieser Fragen im Hinblick auf den wahren Wert des Schalleistungspegels steht noch aus.

Für die Bestimmung von Emissionsschalldruckpegeln ist die Einfahrt auch nach absorbierender Auskleidung nur bedingt geeignet wie am Vergleich der Bilder 3 und 4 gezeigt werden kann. Es wurden hier die Abweichungen der nach ISO 11205 ermittelten Intensität aus Messungen in drei Achsen mit dem "wahren" Wert des Schalldruckpegels im HFFR über dem Freifeld-Richtwirkungsmaß dargestellt. Naturgemäß sind die Abweichungen im Schallschatten der gerichtet abstrahlenden Quelle besonders hoch. Die Beschränkung der Messungen auf A-bewertete Pegel ist also auch für ISO 11205 sinnvoll. Möglichkeiten der Beurteilung solcher Messungen ohne Vorwissen über die Abstrahlcharakteristik zeigt [2].

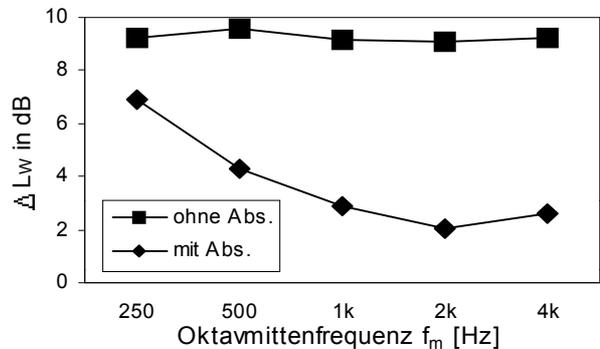
### 4 Diskussion

Aus den wenigen bisher vorliegenden Ergebnissen zeichnet sich ab, daß zusätzliche Absorption bei in situ - Messungen, insbesondere des Emissionsschalldruckpegels, nützlich sein kann. Für Schalleistungspegelermittlungen ist der Aufwand für Messungen auf Meßflächen kleineren Abstandes als 1 m abzuwägen gegenüber den Kosten für Anpassungen der Umgebungsbedingungen mittels Zusatzabsorption.

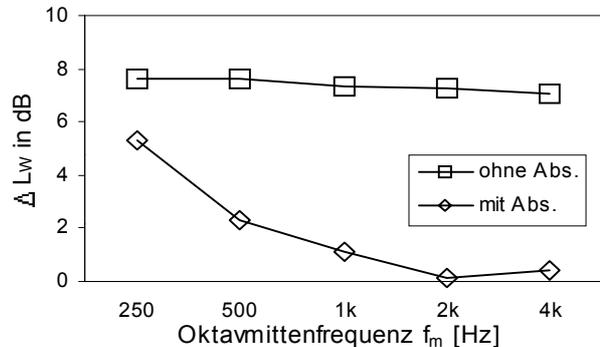
### 5 Schrifttum

- [1] Sehrndt, G. u. W.Probst, K.Biehn: Directivity of machines and the sound field in situ – experience with standard ISO 11204. *Proceedings Internoise 1998*.  
 [2] Hübner, G. und A.Gerlach: Untersuchungen zum Emissionsschalldruckpegel, bestimmt durch eine Dreikomponentenintensitätsmessung. *Fortschritte der Akustik – DAGA 2000*.

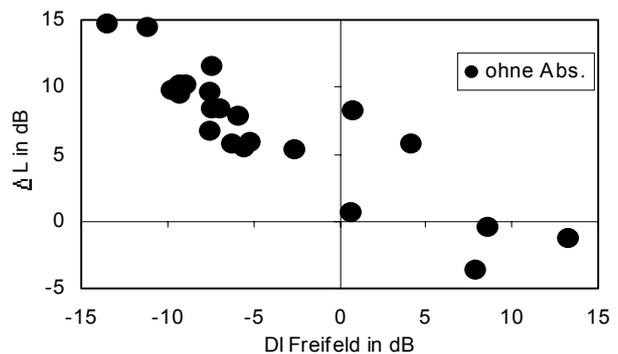
**Bild 1 : Vergleich von Oktav-Schalleistungspegeln gemäß ISO 3744 (im HFFR mit ISO 9614-1 gemessen)**



**Bild 2 : Vergleich von Oktav-Schalleistungspegeln gemäß ISO 3744 (im HFFR mit ISO 3744 gemessen)**



**Bild 3 : Vergleich von Emissionsschalldruckpegeln gemäß ISO 11205 (ohne zusätzl. Absorption) für f\_mTerz=1 kHz**



**Bild 4 : Vergleich von Emissionsschalldruckpegeln gemäß ISO 11205 (mit zusätzl. Absorption) für f\_mTerz=1 kHz**

