

ARBEITSWISSENSCHAFTLICHE ERKENNTNISSE

Forschungsergebnisse für die Praxis

Lärminderung – Geräuschemissionswerte 4

Probst, W.

Verfahren zur Bestimmung der Geräuschemissionswerte von Maschinen unter besonderen Bedingungen

Inhalt

- 1 Einleitung**
- 2 Geräuschemessung auf einer Hüllfläche (überwiegend im Direkt-schallfeld)**
 - 2.1 Auf die Abstrahlbereiche beschränkte Hüllflächen
 - 2.1.1 Allgemeines Verfahren
 - 2.1.2 Quaderförmige Teilmeßflächen
 - 2.1.3 Öffnungsflächen als Teilmeßflächen
 - 2.2 Wahl von unterschiedlichen Meßpunktdichten auf den Teilmeßflächen
- 3 Geräuschemessung an ausgewählten Meßpunkten in der Maschi-nenumgebung (überwiegend im Raumschallfeld)**
 - 3.1 Bestimmung des Schalleistungspegels in Anlehnung an ISO 3747 (Ver-gleichsverfahren)
 - 3.2 Bestimmung des Schalleistungspegels in Anlehnung an ISO 3741 (Hall-raumverfahren)
- 4 Spezielle Verfahren**
 - 4.1 Messung an Kontrollpunkten
 - 4.2 Schalleistungspegel und Emissions-Schalldruckpegel
 - 4.3 Bestimmung der Geräuschemission von großen Maschinen
 - 4.4 Bestimmung der Geräuschemission von sehr großen Maschinen
 - 4.5 Schallintensitätsverfahren
- 5 Schrifttum**

Ergebnisse aus dem im Auftrag des Bundesministeriums für Arbeit und Sozialord-nung, Bonn, und der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, Dortmund, durchgeführten Forschungsvorhaben, dargestellt in der Schriftenreihe der Bundes-anstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin – Forschung – Fb 399 und 680 von

Probst, W.

Geräuschemissionswerte – Statistische Berücksichtigung von Meßungenauig-keiten, Raumeinfluß, Produktionsstreuung

Probst, W.

Messung der Geräuschemission großer Maschinen

Nachdruck und auszugsweise Wiedergabe nur mit ausdrücklicher vorheriger Zustimmung der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, Dortmund, gestattet

Arbeitswissenschaftliche Erkenntnisse Nr. **91** (2. überarbeitete Auflage)
Lärminderung – Geräuschemissionswerte 4

Herausgeber: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, Dortmund, 1998
ISBN – 0720 – 1699

1 Einleitung

Durch die 9. Verordnung zum Gerätesicherheitsgesetz¹ (9. GSGV) sind die Hersteller von Maschinen, soweit diese Maschinen als Arbeitsmittel anzusehen sind, verpflichtet, sachdienliche Angaben über die bei üblichen Einsatzbedingungen verursachten Geräuschemissionen zu machen.

Mit dieser Reihe der »Arbeitswissenschaftlichen Erkenntnisse – Forschungsergebnisse für die Praxis«

1. Nr. 85, Geräuschdatenblatt für die Beschaffung von Maschinen [11]
 2. Nr. 88, Grundlegende Hinweise zur Geräuschangabe [1]
 3. Nr. 89, Auswahl der Geräuschmeßverfahren anhand der Rahmennormen [2]
 4. Nr. 90, Bestimmung der Geräuschemissionswerte für die Geräuschangabe [3]
 5. Nr. 91, Verfahren zur Bestimmung der Emissionswerte von Maschinen unter besonderen Bedingungen
 6. Nr. 107, Die Unsicherheit bei der Geräuschangabe [4]
- sollen u. a. die Unternehmen der maschinenherstellenden Industrie bei dieser Aufgabe unterstützt werden.

Die vorliegende Arbeitswissenschaftliche Erkenntnis Nr. 91 behandelt Verfahren, die zur Ermittlung von Geräuschemissionswerten bei Vorliegen besonderer bzw. erschwelter Bedingungen geeignet sind.

Derartige Verfahren müssen oder können in folgenden Fällen angewendet werden:

- Die Meßergebnisse dienen der laufenden Kontrolle und der Eigeninformation des Herstellers.
- Es wird eine relativ große Anzahl von Maschinen mit geringfügig unterschiedlicher Konstruktion produziert. In diesem Fall gilt das Angabeverfahren für Einzelmaschinen – die Messung jeder produzierten Maschine nach Norm ist aber zu aufwendig.
- Die Maschine steht nahe an anderen Objekten, die evtl. auch Geräusche abstrahlen, so daß die Meßpunktanordnung nach Norm nicht möglich ist.
- Die Fremdgeräusche ändern sich typischerweise in Zeiten, die kürzer sind als jene, die zur Messung auf kompletten Hüllflächen erforderlich sind.
- Die Maschine ist so groß, daß die Messung zu aufwendig wird.
- Der Raumeinfluß ist zu groß, weil der Raum zu klein und schallhart ist.
- Der Einfluß des Fremdgeräusches anderer Maschinen ist zu groß.

Messungen nach den im folgenden beschriebenen Verfahren können nicht schematisch einer Genauigkeitsklasse zugeordnet werden. Die Abweichung, die sich aus der Vernachlässigung einer der in der Meßnorm genannten Voraussetzung oder Bedingung ergibt, läßt sich nicht allgemein gültig und unabhängig von den Umständen im Einzelfall eingrenzen. Allerdings werden im folgenden Hinweise gegeben, unter welchen Umständen die mit der Vereinfachung vernachlässigten Festsetzungen gerade nicht wesentlich sind und somit keine größeren Ungenauigkeiten zu erwarten sind.

¹ Für Geräte, die nicht unter die 9. GSGV fallen, z. B. Gas-Schweißgeräte, gilt für die Geräuschangabe die 3. Verordnung zum Gerätesicherheitsgesetz

Derartige Verfahren sind vor allem zur laufenden schalltechnischen Produktionskontrolle von Interesse. Bei der Anwendung zur Überprüfung im Sinne einer Abnahmemessung sollte vorher eine entsprechende Vereinbarung zwischen Maschinenhersteller und Maschinenkäufer getroffen worden sein. Auch in maschinenspezifischen Festlegungen der C-Normen können in Einzelfällen für besonders schwierig zu prüfende Maschinen derartige Verfahren festgelegt sein, wenn die mit ihrer Anwendung verbundene Unsicherheit durch Voruntersuchungen ausreichend eingegrenzt worden ist.

2 Geräuschmessung auf einer Hüllfläche (überwiegend im Direkt-schallfeld)

2.1 Auf die Abstrahlbereiche beschränkte Hüllflächen

2.1.1 Allgemeines Verfahren

Wenn eine große Maschine vorwiegend über bestimmte Teilbereiche ihrer Bezugsfläche Schall abstrahlt, so kann die Geräuschemission jedes Teilbereiches mit einer auf diesen Bereich bezogenen kleineren Meßfläche nach dem Hüllflächenverfahren ermittelt werden. Hierzu wird jeder einzubeziehende Quellbereich wie eine eigene Schallquelle behandelt und es wird eine quaderförmige Meßfläche nach den in ISO 3744, Anhang C genannten Prinzipien angeordnet. Da die Teilmeßflächen unterschiedlich groß und die Meßpunkte im allgemeinsten Fall somit auch mit unterschiedlicher Dichte angeordnet sein können, werden die Mittelungspegel von Fremdgeräusch und Maschine in der im folgenden beschriebenen Weise ermittelt:

Es gelten die Bezeichnungen:

T	Anzahl der Quellbereiche bzw. der Teilmeßflächen
N_t	Anzahl der Meßpunkte auf der Teilfläche t
S_t	Fläche in m^2 der Teilfläche t
$L'_{p,t,n}$	Schalldruckpegel am Meßpunkt n der Teilfläche t bei Betrieb der Maschine
$L''_{p,t,n}$	Vom Fremdgeräusch verursachter Schalldruckpegel am Meßpunkt n der Teilfläche t (Maschine abgeschaltet)

Es werden bestimmt:

- der über die Gesamtmeßfläche gemittelte Schalldruckpegel bei Betrieb der Maschine

$$\bar{L}'_p = 10 \cdot \lg \left[\frac{1}{\sum_{t=1}^T S_t} \cdot \sum_{t=1}^T \left(\frac{S_t}{N_t} \cdot \sum_{n=1}^{N_t} 10^{0,1 \cdot L'_{p,t,n}} \right) \right] \text{ dB}$$

- der über die Gesamtfläche gemittelte Fremdgeräuschpegel

$$\bar{L}''_p = 10 \cdot \lg \left[\frac{1}{\sum_{t=1}^T S_t} \cdot \sum_{t=1}^T \left(\frac{S_t}{N_t} \cdot \sum_{n=1}^{N_t} 10^{0,1 \cdot L''_{p,t,n}} \right) \right] \text{ dB}$$

- die Fremdgeräuschkorrektur K_1 nach ISO 3744, Abschnitt 8.3
- die Umgebungskorrektur K_2 nach ISO 3744, Abschnitt 8.4 und Anhang A

- der Meßflächenschalldruckpegel $\overline{L_{pf}}$ nach ISO 3744, Abschnitt 8.5
- der Schalleistungspegel nach ISO 3744, Abschnitt 8.6

wobei als Meßfläche S die Summe der Teilmeßflächen

$$S = \sum_{t=1}^T S_t$$

verwendet wird.

2.1.2 Quaderförmige Teilmeßflächen

In der Regel wird über den relevant schallabstrahlenden Aggregaten und Bereichen je eine Quadermeßfläche angeordnet.

Beispiel:

Flaschen-Reinigungsmaschine mit außenliegendem Antrieb. Geräuschrelevant sei dieser Antrieb und die offene Materialzufuhr an der Vorderseite.

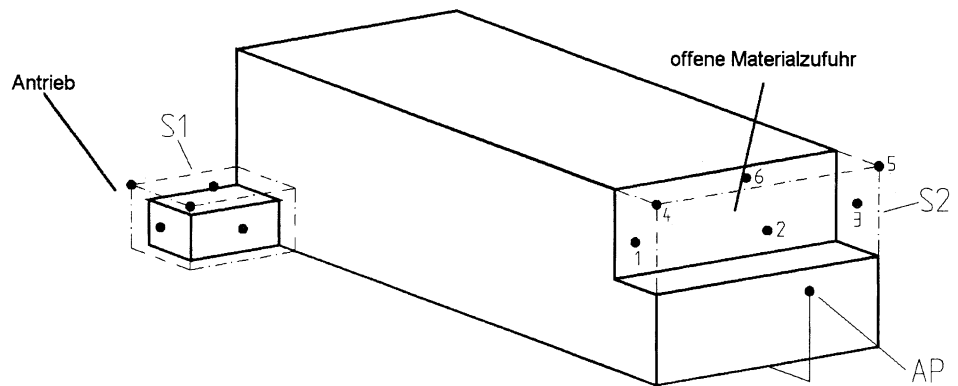


Bild 1: Flaschen-Reinigungsmaschine mit 2 quaderförmigen Teilmeßflächen ($S_1 = 6,8 \text{ m}^2$, $S_2 = 10 \text{ m}^2$)

Die äquivalente Absorptionsfläche A des Raumes sei 400 m^2 . An jeweils $N = 6$ Meßpunkten wird der mittlere Schalldruckpegel gemessen, siehe **Tabelle 2:**

Meßfläche	Meßpunkt	Maschinenbetrieb	Fremdgeräusch
1	1	84	80
	2	83	80
	3	84	80
	4	82	80
	5	81	80
	6	83	80
2	1	88	80
	2	86	80
	3	85	80
	4	84	80
	5	84	80
	6	85	80
AP		84	80

Tabelle 2: Mittlerer Schalldruckpegel in dB(A) an den Meßflächen der Spülmaschine sowohl mit Betrieb als auch ohne Betrieb (Fremdgeräusch) der Maschine

Mit Teilfläche 1

$$\frac{S_1}{N_1} \cdot \sum_{n=1}^{N_1} 10^{0,1 \cdot L'_{p,1,n}} = 1,34 \cdot 10^9$$

und Teilfläche 2

$$\frac{S_2}{N_2} \cdot \sum_{n=1}^{N_2} 10^{0,1 \cdot L'_{p,2,n}} = 3,60 \cdot 10^9$$

ergibt sich

$$\begin{aligned} \overline{L'_{pA}} &= 10 \cdot \lg \left[\frac{1}{6,8 + 10} \cdot (1,34 \cdot 10^9 + 3,60 \cdot 10^9) \right] \text{dB(A)} \\ &= 84,7 \text{ dB(A)} \end{aligned}$$

Die Fremdgeräuschkorrektur K_1 ergibt sich mit

$$\overline{L''_p} = 80 \text{ dB(A)}$$

und

$$\Delta L = (84,7 - 80) \text{ dB} = 4,7 \text{ dB}$$

zu

$$K_1 = -10 \cdot \lg (1 - 10^{-0,1 \cdot 4,7}) \text{ dB} = 1,8 \text{ dB}$$

Die Umgebungskorrektur K_2 erhält man aus

$$\begin{aligned} K_2 &= -10 \cdot \lg \left(1 + \frac{4 \cdot S}{A} \right) \\ &= -10 \cdot \lg \left(1 + \frac{4 \cdot (6,8 + 10)}{400} \right) \text{ dB} = 0,4 \text{ dB} \end{aligned}$$

Der Schalleistungspegel beträgt somit:

$$\begin{aligned} L_{WA} &= \overline{L'_p} - K_1 - K_2 + 10 \cdot \lg \left(\frac{S}{S_0} \right) \\ &= (84,7 - 1,8 - 0,4 + 10 \cdot \lg 16,8) \text{ dB(A)} \\ &= 94,8 \text{ dB(A)} \end{aligned}$$

Auch bei der Bestimmung des Emissions-Schalldruckpegels nach ISO 11204 ist zu beachten, daß unabhängig von der Lage des Arbeitsplatzes bei der Berechnung der Umgebungskorrektur die Summe der Teilflächen als Meßfläche S einzusetzen ist.

$$K_3 = -10 \cdot \lg \left[1 - \frac{1}{1 + \frac{A}{4 \cdot S}} \cdot 10^{-0,1 \cdot (L'_{AP} - \overline{L'})} \right] \text{ dB}$$

mit

$$\overline{L'} = (84,7 - 1,8) \text{ dB(A)} = 82,9 \text{ dB(A)}$$

folgt für die Umgebungskorrektur

$$\begin{aligned} K_3 &= -10 \cdot \lg \left[1 - \frac{1}{1 + \frac{400}{4 \cdot 16,8}} \cdot 10^{-0,1 \cdot (84 - 82,9)} \right] \text{ dB} \\ &= 0,6 \text{ dB} \end{aligned}$$

Der Emissions-Schalldruckpegel beträgt somit:

$$L_{pA} = (84,7 - 1,8 - 0,6) \text{ dB(A)} \\ = 82,3 \text{ dB(A)}$$

2.1.3 Öffnungsflächen als Teilmeßflächen

Durch eine an der Außenfläche schalldämmend verkleidete Maschine wird im Inneren Luftschall erzeugt und vorwiegend über Öffnungsflächen (Materialzuführung, Bedienungselemente usw.) nach außen abgestrahlt. Deshalb können die Austrittsquerschnitte dieser Öffnungen direkt als Teilmeßflächen betrachtet und in der in Abschnitt 2.1.1 und 2.1.2 beschriebenen Weise der Bestimmung des Schalleistungspegels zugrundegelegt werden.

Bild 2 zeigt als Beispiel eine gekapselte Stanzmaschine mit je einer Öffnung für Materialzuführung und -abführung sowie den Zugriff zum Arbeitsraum.

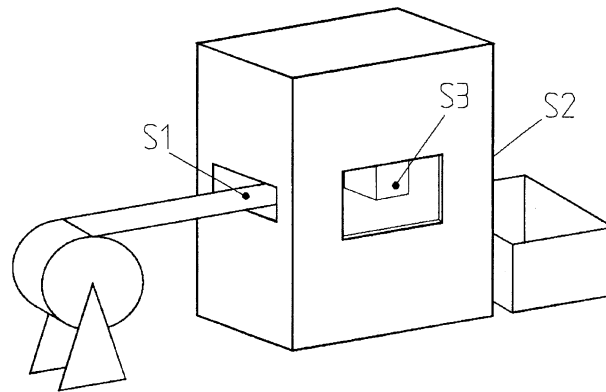


Bild 2: Gekapselte Stanzmaschine mit den Öffnungsflächen S_1 , S_2 und S_3

Dieses Verfahren ist dann vorteilhaft, wenn die Teilflächen klein und die im Querschnitt gemessenen Pegel relativ zum Raumpegel hoch sind, weil in diesen Fällen die Umgebungskorrektur vernachlässigbar ist. Dies wird durch Bestimmung von

$$K_2 = 10 \cdot \lg \left(1 + \frac{4S}{A} \right)$$

mit $S = \sum_{t=1}^T S_t$ überprüft.

Im weiteren wird das Verfahren wie unter 2.1.1 beschrieben durchgeführt. Dabei ist es oft zweckmäßig, den für eine Öffnungsfläche t geltenden mittleren Schalldruckpegel nicht über die Messungen fester Mikrofonpositionen, sondern durch Abstreifen der Öffnungsfläche mit einem in konstanter Geschwindigkeit langsam darüber geführten Mikrofon zu ermitteln.

Die Öffnungsfläche – eine in 1 m Abstand befindliche Quadermeßfläche – wird von den Schallstrahlen schräg durchlaufen. Deshalb müßte bei korrektem Vorgehen der von einer Teilfläche S_t abgestrahlte Teil-Schalleistungspegel $L_{W,t}$

$$L_{W,t} = \overline{L_{p,t}} - C_t + 10 \cdot \lg \frac{S_t}{S_0}$$

bestimmt werden. Hierbei ist $\overline{L_{p,t}}$ der durch Abstreichen oder durch Mittelung über Einzelpunkte bestimmte mittlere Schalldruckpegel in dieser Teilfläche und

$$C_t = \overline{L_p} - \overline{L_I}$$

eine Schallfeldkorrektur, die der Differenz zwischen mittlerem Schalldruckpegel $\overline{L_p}$ und mittlerem Intensitätspegel $\overline{L_I}$ entspricht. C_t kann aus Schalldruck- und -intensitätsmessung maschinenspezifisch ermittelt und dann im weiteren bei der Auswertung berücksichtigt werden. Der Gesamt-Schalleistungspegel ergibt sich aus

$$L_{WA} = 10 \cdot \lg \sum_{t=1}^T \frac{S_t}{S_0} \cdot 10^{0,1 \cdot (\overline{L_t} - C_t)}$$

Die Schallfeldkorrektur C_t sollte nicht angewendet werden, wenn sie nicht mit mehreren unterschiedlichen Maschinen gleichen Typs vorher – quasi maschinenspezifisch – ermittelt worden ist. Die Geräuschemission wird dann allerdings mit großer Wahrscheinlichkeit um 0 bis 3 dB überschätzt.

Beispiel:

Die im **Bild 2** dargestellte Stanze befindet sich in einem Raum mit $A = 200 \text{ m}^2$. Die Öffnungsfläche und die dort gemessenen Schalldruckpegel bei Betrieb der Stanze sind

$S_1 = 0,5 \text{ m}^2$	$L_1 = 92 \text{ dB(A)}$
$S_2 = 0,5 \text{ m}^2$	$L_2 = 90 \text{ dB(A)}$
$S_3 = 1 \text{ m}^2$	$L_3 = 93 \text{ dB(A)}$

Die Abschätzung des Raumeinflusses mit

$$\begin{aligned}
K_{2A} &= 10 \cdot \lg \left(1 + \frac{4 \cdot (S_1 + S_2 + S_3)}{A} \right) \text{ dB} \\
&= 10 \cdot \lg \left(1 + \frac{4 \cdot 2}{200} \right) \text{ dB} \\
&\approx 0,2 \text{ dB}
\end{aligned}$$

zeigt, daß eine Umgebungskorrektur nicht erforderlich ist.

Im vorliegenden Fall ergibt sich, da eine maschinenspezifische Korrektur C nicht bekannt ist

$$\begin{aligned}
L_{WA} &= 10 \lg [0,5 \cdot 10^{9,2} + 0,5 \cdot 10^9 + 1 \cdot 10^{9,3}] \text{ dB(A)} \\
&= 95,2 \text{ dB(A)}
\end{aligned}$$

2.2 Wahl von unterschiedlichen Meßpunktdichten auf den Teilmeßflächen

Bei großen Maschinen kann es zur Reduzierung des Meßaufwandes oft zweckmäßig sein, auf den Teilen der Meßfläche, in denen die Schalldruckpegel sich räumlich nur wenig ändern, eine geringere Anordnungsdichte von Meßpunkten zu wählen. Es werden dann Teilflächen mit unterschiedlicher Meßpunktdichte gebildet. Die Berechnung von Schalleistungspegel und Emissions-Schalldruckpegel entsprechend dem in Abschnitt 2.1.1 grundsätzlich und dem in 2.1.2 am praktischen Beispiel dargestellten Verfahren behandelt.

3 Geräuschmessung an ausgewählten Meßpunkten in der Maschinenumgebung (überwiegend im Raumschallfeld)

3.1 Bestimmung des Schalleistungspegels in Anlehnung an ISO 3747 (Vergleichsverfahren)

Nach diesem Verfahren wird an unterschiedlichen Mikrofonpositionen im Raum

$i = 1, \dots, u$

- der Schalldruckpegel $L_{pi(M)}$ bei Betrieb der Maschine
- der Schalldruckpegel $L_{pi(RSS)}$ bei Betrieb einer Referenzschallquelle bekannter Schalleistung

ermittelt. Bezüglich der konkreten Vorgehensweise und Auswertung sei auf die genannte Norm verwiesen.

Dieses Verfahren eignet sich aber auch dann hervorragend als vereinfachtes Verfahren, wenn die in ISO 3747 genannten Voraussetzungen an den Raum sowie an die Referenzschallquellen und Mikrofonpositionen nicht erfüllt sind. Auch für große Maschinen wurden sehr gute Näherungswerte des Schalleistungspegels schon bei der Wahl einer einzigen Mikrofonposition sowie einer einzigen RSS-Position ermittelt. Erforderlich waren somit nur zwei Messungen. Das Mikrofon befindet sich hierbei auf der Raumseite, die einen Abstand von dem Mehrfachen der größten Maschinenabmessung aufweist. Die Referenzschallquelle befindet sich vor der Mitte der Maschinenseite, die diesem Mikrofon zugewandt ist. **Bild 3** zeigt eine derartige Anordnung.

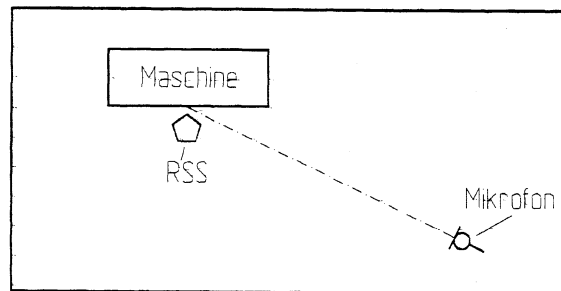


Bild 3: Messung in Anlehnung an ISO 3747 mit einer einzigen Mikrofon- und RSS-Position

3.2 Bestimmung des Schalleistungspegels in Anlehnung an ISO 3741 (Hallraumverfahren)

Beim Hallraumverfahren wird die in einem diffusen Schallfeld geltende Beziehung zur Bestimmung des Schalleistungspegels ausgenutzt, die zwischen dem Schalleistungspegel der Quelle und dem mittleren Schalldruckpegel im diffusen Schallfeld sowie der äquivalenten Absorptionsfläche besteht. Es erfordert nach ISO 3741 spezielle Hallräume mit vorgegebenen akustischen Eigenschaften. Dieses Verfahren eignet sich aber auch zur näherungsweise Bestimmung in situ, wenn sich komplexe und durch eine Quadermeßfläche kaum zu erfassende größere Schallquellen in schallhart ausgestatteten Räumen befinden. Beispiele sind Heizungsanlagen, Kompressoren und Kältemaschinen, Aufzugsantriebe, Filtrationsanlagen, Verdampferanlagen oder andere verfahrenstechnische Einrichtungen in der Nahrungsmittel-, Getränke- und auch chemischen Industrie. Das Verfahren hat sich auch durch vergleichende Anwendung mit anderen Methoden bei der Messung einer Schrottschere in der Aufbereitungshalle einer Müllverbrennungsanlage als ausreichend genau erwiesen.

Im ersten Schritt wird mit einer der in ISO 3744 genannten Methoden die

äquivalente Absorptionsfläche A bestimmt (Schätzung der Absorption, Messung der Nachhallzeit oder Bestimmung mit Vergleichsschallquelle).

Im zweiten Schritt wird an mehreren unregelmäßig im Raum verteilten Punkten der Schalldruckpegel L_{pn} bei Betrieb der Maschine ermittelt. Es wird empfohlen, die Punkte möglichst in einem Abstand

$$r \geq \sqrt{\frac{A}{10}}$$

anzuordnen. Mit dem mittleren Schalldruckpegel

$$L_p = 10 \cdot \lg \left(\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N 10^{0,1 \cdot L_{pn}} \right)$$

wobei N die Anzahl der Meßpunkte ist, ergibt sich der Schalleistungspegel nach

$$L_{WA} = \bar{L}_p + 10 \cdot \lg \frac{A}{A_0} - 6$$

mit der Bezugsabsorptionsfläche $A_0 = 1 \text{ m}^2$.

Die aus allen Einzelmeßwerten berechnete Unsicherheit des Mittelwertes gibt einen Hinweis auf die Genauigkeit des Verfahrens.

4 Spezielle Verfahren

4.1 Messung an Kontrollpunkten

Wenn die Geräuschemission von produzierten Maschinen im Sinne einer Qualitätskontrolle laufend überwacht werden soll, ist es nach Durchführung von normentsprechenden Messungen an einzelnen Maschinen oft ausreichend, die weiteren Messungen auf wenige oder auf einen einzigen Kontrollpunkt zu beschränken.

Bei gerichtet abstrahlenden Maschinen bzw. bei Maschinen mit einem vorwiegend abstrahlenden Teilbereich ist als Kontrollpunkt vorzugsweise ein Meßpunkt auf der Hüllfläche zu wählen, der sich im Abstrahlmaximum befindet bzw. der den geringstmöglichen Abstand zu dem abstrahlenden Teilbereich hat.

Beispiel:

Für die Industrienähmaschine aus [3] ergeben sich bei 4 normentsprechenden Messungen der Geräuschemission die in **Tabelle 1** genannten Schalldruckpegel.

Der dem Nähkopf nächstgelegene Meßpunkt 3 wird als Kontrollpunkt ausgewählt. Die Differenz des Schalldruckpegels an diesem Punkt zum mittleren Schalldruckpegel aller 9 Meßpunkte beträgt im Mittel 2,2 dB.

Messung	Meßpunkt								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	78,9	79,1	79,0	78,7	76,1	75,7	75,8	75,9	74,4
2	78,7	79,0	79,3	78,6	75,8	75,6	75,4	76,0	74,2
3	79,0	79,2	79,5	78,7	76,3	75,3	76,0	74,5	73,9
4	79,1	78,9	79,1	78,8	76,0	75,8	76,4	75,2	74,3

Tabelle 1: Meßergebnisse an den 9 Meßpunkten der Hüllfläche bei 4 Einzeluntersuchungen

Im weiteren wird nun im Rahmen der Qualitätssicherung nur noch an Meßpunkt 3 gemessen. Als mittleren Schalldruckpegel auf der Meßfläche zur Berechnung des Schalleistungspegels wird der 2,2 dB verminderte Schalldruckpegel an Punkt 3 zugrundegelegt.

In festgelegten Zeitabständen wird eine normentsprechende Messung nach **Tabelle 1** durchgeführt und die Differenz des Pegels am Kontrollpunkt zu dem des mittleren Pegels auf der Meßfläche überprüft.

4.2 Schalleistungspegel und Emissions-Schalldruckpegel

Verfahren mit reduziertem Meßaufwand sind besonders bei der Ermittlung des Schalleistungspegels an großen Maschinen hilfreich, weil seine Bestimmung streng nach Norm aufgrund der großen Meßpunktzahl sehr aufwendig sein kann.

Wesentlich einfacher ist die Bestimmung des Emissions-Schalldruckpegels. Selbst bei größeren Maschinen mit einem ausgedehnten Bedienungsbereich ist es meist kein Problem, an mehreren Meßpunkten in diesem Bereich bei normentsprechendem Betrieb der Maschine die Schalldruckpegel zu messen und daraus durch Mittelung und Anwendung des in ISO 11204 beschriebenen Verfahrens den Emissions-Schalldruckpegel zu bestimmen. Wenn sich die Bedienungsperson typischerweise in einem Bereich aufhält, in dem z. B. aufgrund von Materialzuführung höhere Pegel auftreten als im Mittel der Meßfläche zur Schalleistungsbestimmung, so kann es zweckmäßig sein

- den Emissions-Schalldruckpegel mit hoher Meßpunktdichte möglichst genau zu bestimmen und als Hauptkennwert zu verwenden und
- den Schalleistungspegel als Zusatzgröße zu betrachten und mit geringerer Anforderung an die Genauigkeit mit einem der beschriebenen Verfahren zu bestimmen.

Dies kann insbesondere eine durch maschinenspezifische C-Normen festlegbare, den Meßaufwand erheblich reduzierende Vorgehensweise bei der Bestimmung der Geräuschemission von großen Maschinen sein.

4.3 Bestimmung der Geräuschemission von großen Maschinen

Der zur Messung des Schalleistungspegel von Maschinen erforderliche Zeitaufwand mit der Hüllflächenmethode wächst mit der Größe der Maschine. Auch die Ungenauigkeit der Messungen die mit der Umgebungskorrektur K_2 und damit mit dem Verhältnis von Maschinenabmessung zu jener des Raumes anwächst, kann unakzeptabel große Werte annehmen, wenn große Maschinen gemessen werden.

In diesen Fällen kann es vorteilhaft sein, eine der im folgenden genannten Verfahren anzuwenden (siehe [3]). Solche Verfahren sind z. B.:

- Die Messung mit der Vergleichsmethode nach ISO 3747, wenn die Voraussetzungen für diese Methode erfüllt sind,
- die Messung in Anlehnung an ISO 3741 (Hallraumverfahren) wenn die Räume nicht zu flach sind und reflektierende Oberflächen haben,

- die Messung nach der Hüllflächenmethode mit unterschiedlichen Meßpunktanordnungen auf den unterschiedlichen Teilflächen der gesamten Meßfläche (weniger Punkte an den Oberflächenbereichen mit niedriger Emission – die Meßpunktdichte auf der Meßfläche muß dann bei der Berechnung des Meßflächenschalldruckpegels berücksichtigt werden),
- Messung mit mehreren kleinen Meßflächen, wenn die Emission der Maschine durch einige wohldefinierte und räumlich begrenzte Oberflächenbereiche bestimmt ist,
- wenn die wesentliche Schallabstrahlung durch Öffnungen und offene Oberflächenbereiche einer Kapselung oder einer maschinenumhüllenden Verkleidung bestimmt ist, werden Messungen mit Mikrofonpositionen direkt in Öffnungen durchgeführt (siehe auch 2.1.3). Die Flächen dieser Öffnungen werden direkt als Meßflächen eingesetzt, wenn der Schalleistungspegel bestimmt wird. Nahfeldfehler werden durch maschinenspezifische Korrekturen berücksichtigt, die einmal als Differenz zwischen Intensitätspegel und Schalldruckpegel festgelegt werden.

4.4 Bestimmung der Geräuschemission von sehr großen Maschinen

Nach der europäischen Maschinenrichtlinie (89/392/EWG) und der 9. GSGV ist es bei sehr großen Maschinen ausreichend, den Emissions-Schalldruckpegel an festgelegten Positionen zu bestimmen. Als sehr groß werden üblicherweise Maschinen bezeichnet, bei denen eine Abmessung größer als 15 m ist.

4.5 Schallintensitätsverfahren

Ist der Einfluß des Raumes, in dem die Maschine betrieben wird, zu groß ($K_2 > 7$ dB) und/oder ist der Pegel des Fremdgeräusches anderer Maschinen zu groß, so kann der Schalleistungspegel und der Emissions-Schalldruckpegel nicht aus Messungen des Schalldruckpegels bestimmt werden. In diesem Fall ist das Schallintensitätsverfahren nach ISO 9614, siehe [2] anzuwenden.

5 Schrifttum

- [1] *Probst, W.*: »Lärminderung – Geräuschemissionswerte 1 – Grundlegende Hinweise zur Geräuschangabe« aus der Reihe »Arbeitswissenschaftliche Erkenntnisse – Forschungsergebnisse für die Praxis« Nr. 88, Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, Dortmund 1998 (2. überarbeitete Auflage)
- [2] *Probst, W.*: »Lärminderung – Geräuschemissionswerte 2 – Auswahl der Geräuschmeßverfahren anhand der Rahmennormen«, aus der Reihe »Arbeitswissenschaftliche Erkenntnisse – Forschungsergebnisse für die Praxis« Nr. 89, Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, Dortmund 1998 (2. überarbeitete Auflage)
- [3] *Probst, W.*: »Lärminderung – Geräuschemissionswerte 3 – Bestimmung der Geräuschemissionswerte für die Geräuschangabe« aus der Reihe »Arbeitswissenschaftliche Erkenntnisse – Forschungsergebnisse für die Praxis« Nr. 90, Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, Dortmund 1998 (2. überarbeitete Auflage)

- [4] *Probst, W.:* »Lärminderung – Geräuschemissionswerte 5 – Die Unsicherheit bei der Geräuschangabe« aus der Reihe »Arbeitswissenschaftliche Erkenntnisse – Forschungsergebnisse aus der Praxis« Nr. 107, Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, Dortmund 1998 (2. überarbeitete Auflage)
- [5] DIN EN ISO 3741 »Akustik – Bestimmung des Schalleistungspegels von Geräuschquellen aus Schalldruckmessungen – Hallraumverfahren der Genauigkeitsklasse 1«
- [6] DIN EN ISO 3744 »Akustik – Bestimmung des Schalleistungspegels von Geräuschquellen – Hüllflächenverfahren der Genauigkeitsklasse 2 für ein im wesentlichen freies Schallfeld über einer reflektierenden Ebene«
- [7] DIN EN ISO 3747 »Akustik – Bestimmung des Schalleistungspegels von Schallquellen – Übersichtsverfahren mit Bezugsschallquellen«
- [8] DIN EN ISO 9614–1 »Akustik – Bestimmung des Schalleistungspegels von Schallquellen durch Schallintensitätsmessung – Teil 1: Messung an diskreten Punkten«
- [9] DIN EN ISO 9614–2 »Akustik – Bestimmung des Schalleistungspegels von Geräuschquellen durch Schallintensitätsmessung – Teil 2: Messung mit kontinuierlicher Abtastung«
- [10] DIN EN ISO 11 204 »Akustik – Geräuschabstrahlung von Maschinen und Geräten; Messung von Emissions-Schalldruckpegeln am Arbeitsplatz und an anderen festgelegten Orten; Verfahren mit Umgebungskorrekturen«
- [11] *Fritz, K. R. et al:* »Lärminderung – Geräuschdatenblatt für die Beschaffung von Maschinen« aus der Reihe »Arbeitswissenschaftliche Erkenntnisse – Forschungsergebnisse für die Praxis« Nr. 85, Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, Dortmund 1998 (2. überarbeitete Auflage)