



Um dem Käufer einer Maschine eine Information über die von der Maschine bzw. dem Gerät ausgehenden Geräuschemission zu geben und ihm eine gezielte Auswahl lärmarmere Produkte zu ermöglichen, verpflichtet die EG-Maschinenrichtlinie 2006/42/EG [1] bzw. deren nationale Umsetzung durch die 9. Verordnung zum Geräte- und Produktsicherheitsgesetz [2] den Hersteller oder Importeur einer Maschine zur Geräuschangabe in der Betriebsanleitung und in den technischen Unterlagen. Darüber hinaus hat die Kenntnis der Geräuschemissionen der Maschinen eine große Bedeutung für die Planung neuer Arbeitsplätze und die Prognose der zu erwartenden Lärmbelastungen. So lassen sich Problembereiche rechtzeitig erkennen und ggf. durch geeignete Maßnahmen vermeiden.

Bestimmen des Emissions-Schalldruckpegels am Arbeitsplatz

Geräuschangabe nach der EG-Maschinenrichtlinie

Jürgen H. Maue, Sankt Augustin

Zur Beschreibung und Beurteilung der Geräuschemission von Maschinen dienen der Schalleistungspegel und der Emissions-Schalldruckpegel am Arbeitsplatz, die die Geräuschabstrahlung unabhängig von den räumlichen Bedingungen und von möglichen Fremdgeräuschen quantifizieren.

- Der Schalleistungspegel L_W ist ein Maß für die von der Maschine insgesamt abgestrahlte Schallenergie je Zeiteinheit.
- Der Emissions-Schalldruckpegel am Arbeitsplatz L_p (vormals arbeitsplatzbezogener Emissionswert) ist ein Maß für den von der Maschine am zugehörigen Arbeitsplatz verursachten Schalldruckpegel (ohne Einfluss des Raums und Fremdgeräusche). Er entspricht dem Schalldruckpegel am Arbeitsplatz, wenn die Maschine im Freien und in ruhiger Umgebung aufgestellt ist (Idealfall).

Bei der Geräuschangabe ist zunächst einmal der Emissions-Schalldruckpegel L_{pd} ¹⁾ am Arbeitsplatz gefragt. Erst bei entsprechenden Werten L_{pd} über 80 dB(A) ist zusätzlich die Angabe des Schalleistungspegels L_W gefordert. Bei Emissions-Schalldruckpegeln am Arbeitsplatz bis zu 70 dB(A) reicht die Angabe „70 dB(A)“. Die nach der EG-Maschinenrichtlinie [1] geforderten Angaben zur Geräuschemission einer Maschine sind in **Tabelle 1** zusammengestellt.

Im Rahmen dieses Beitrags sollen die verschiedenen Rahmennormen zur Bestimmung des Emissions-Schalldruckpegels skizziert und miteinander verglichen werden. Wegen des großen Umfangs dieser Normen können aber keine Einzelheiten zur Durchführung der Messungen und Berechnung der Emissionskennwerte dargestellt werden. Die Durchführung entsprechender Messungen erfordert eine weitergehende Ein-

arbeitung in die einzelne Messnorm. Eine Hilfe können dabei die ausführlichen Erläuterungen der Messverfahren in [3] sein. Dieses Buch bietet auch geeignete Protokollblätter zur Erfassung des Emissions-Schalldruckpegels an, sodass sich alle erforderlichen Daten schrittweise aufnehmen, dokumentieren und die Kennwerte nach vorgegebenen Gleichungen berechnen lassen.

Normen zur Bestimmung des Emissions-Schalldruckpegels

Die verschiedenen Möglichkeiten zur Bestimmung des Emissions-Schalldruckpegels am Arbeitsplatz aus Schalldruckmessungen sind als Rahmenverfahren in den Normen DIN EN ISO 11201 bis 11204 [4] beschrieben. Diese Normen

¹⁾ Index d – engl.: declared

Tabelle 1 Nach der EG-Maschinenrichtlinie [1] erforderliche Geräuschangabe.

L_{pd}	Erforderliche Geräuschangabe	
	Geräuschemissionskennwert	Angabewert
≤ 70 dB(A)	Emissions-Schalldruckpegel am Arbeitsplatz	$L_{pAd} = 70$ dB oder $L_{pAd} = \dots$ dB
> 70 dB(A)	Emissions-Schalldruckpegel am Arbeitsplatz	$L_{pAd} = \dots$ dB
> 80 dB(A)	Schalleistungspegel und Emissions-Schalldruckpegel am Arbeitsplatz	$L_{wAd} = \dots$ dB (re 1 pW) und $L_{pAd} = \dots$ dB
$L_{pCpeak} > 130$ dB	Spitzenschalldruckpegel	$L_{pCpeakd} = \dots$ dB

Tabelle 2 Internationale Grundnormen zur Bestimmung der Emissions-Schalldruckpegel für Maschinen.

Norm (Ausgabe-Datum)	Messverfahren/ Genauigkeitsklasse
DIN EN ISO 11200 (01/2010) (in Überarbeitung)	Leitlinien zur Verwendung der Grundnormen zur Bestimmung von Emissions-Schalldruckpegeln am Arbeitsplatz und an anderen festgelegten Messorten (basiert auf ISO 11200: 1995)
DIN EN ISO 11201 (10/2010)	Verfahren für im Wesentlichen freies Schallfeld über einer reflektierenden Ebene mit vernachlässigbaren Umgebungskorrekturen (basiert auf ISO 11201: 2010) Genauigkeitsklasse 1 oder 2
DIN EN ISO 11202 (10/2010)	Verfahren unter Anwendung angenäherter Umgebungskorrekturen (basiert auf ISO 11202: 2010) Genauigkeitsklasse 2 oder 3
DIN EN ISO 11203 (01/2010)	Verfahren zur Bestimmung der Emissions-Schalldruckpegel aus dem Schalleistungspegel (basiert auf ISO 11203: 1995) Genauigkeitsklasse 2 oder 3
DIN EN ISO 11204 (10/2010)	Verfahren unter Anwendung exakter Umgebungskorrekturen (basiert auf ISO 11204: 2010) Genauigkeitsklasse 2 oder 3
DIN EN ISO 11205 (12/2009)	Verfahren für Messungen unter Einsatzbedingungen mit Hilfe der Schallintensitätsmesstechnik (basiert auf ISO 11205: 2003) Genauigkeitsklasse 2

enthalten alle wesentlichen Informationen zur Durchführung der Geräuschmessung und zur Erstellung entsprechender maschinenspezifischer Normen. Neben den in diesen Normen beschriebenen Schalldruck-Messverfahren besteht alternativ auch die Möglichkeit zur Bestimmung des Emissions-Schalldruckpegels mithilfe der Schallintensitätsmesstechnik entsprechend DIN EN ISO 11205 [4].

Die Norm DIN EN ISO 11200 [4] stellt die verschiedenen Rahmenmessverfahren zur Bestimmung des Emissions-Schalldruckpegels vor und dient als Leitlinie für die Auswahl des für eine bestimmte Maschinenart am besten geeigneten Verfahrens.

Tabelle 2 gibt einen Überblick über die Rahmen-Messverfahren bzw. Grundnormen zur Bestimmung des Emissions-Schalldruckpegels. Diese Grundnormen wurden größtenteils Mitte der 1990er-Jahre entwickelt, in den letzten Jahren aber wesentlich überarbeitet, um die zwischenzeitlich gesammelten Erfahrungen zu berücksichtigen und die Messunsicherheit zu reduzieren [5].

Da die Maschinen einer bestimmten Art nur dann miteinander vergleichbar sind, wenn sie unter gleichen Aufstell- und Betriebsbedingungen (Drehzahl, Last, ...) betrieben werden, sind ergänzende maschinenspezifische Normen erforderlich, die auf den Grundnormen

aufbauen und die bei der Messung zu realisierenden Betriebsbedingungen festlegen. Diese „Geräuschemissionstestnormen“ gibt es bereits für viele Maschinen, z. B. für Dreh-, Holzbearbeitungs- und Textilmaschinen. Außerdem können die erforderlichen maschinenspezifischen Festlegungen zur Geräuschemissionsmessung als ein lärmbezogener Abschnitt in eine umfassende Sicherheitsnorm für die entsprechende Maschinenart integriert werden. Falls diese international abgestimmten maschinenspezifischen Geräuschemessvorschriften für eine zu messende Maschine noch nicht vorliegen, muss der Hersteller selber sinnvolle Festlegungen bezüglich der anzuwendenden Grundnorm und der Aufstell- und Betriebsbedingungen treffen.

Messverfahren zur Bestimmung des Emissions-Schalldruckpegels

Die verschiedenen Messverfahren zur Bestimmung des Emissions-Schalldruckpegels sollen hier jeweils kurz beschrieben werden, um danach das für eine bestimmte Maschine oder Maschinenart am besten geeignete Verfahren auswählen zu können. Zusätzlich werden die Verfahren in einer tabellarischen Übersicht hinsichtlich des Anwendungsbereichs und der zu beachtenden Grenzen miteinander verglichen. **Tabelle 3** informiert auch über die wesentlichen Vor- und Nachteile der einzelnen Verfahren.

Messung nach ISO 11201

Die ISO 11201 beschreibt ein Verfahren zur Messung der Emissions-Schalldruckpegel von Maschinen und Geräten in einem im Wesentlichen freien Schallfeld über einer reflektierenden Ebene, sodass auf eine Korrektur des Umgebungseinflusses verzichtet werden kann. Je nach Umgebungsbedingungen lässt sich damit die Genauigkeitsklasse 1 oder 2 erreichen.

Die Messung nach ISO 11201 ist immer dann zu empfehlen, wenn die Maschinen üblicherweise im Freien betrieben werden oder leicht transportabel sind, sodass sie auf einem Messplatz im Freien oder in einem schallabsorbierenden Messraum untersucht werden können. Die Norm erlaubt als einziges Verfahren der Normenreihe eine Messung nach der Genauigkeitsklasse 1, erfordert dafür allerdings einen schallabsorbierenden Messraum oder einen günstigen Messplatz im Freien.

Die Messung nach ISO 11201 ist aber auch möglich, falls man relativ günstige Umgebungsbedingungen mit Korrekturwerten K_2 von maximal 2 dB einhalten kann, also z. B. bei der Messung von kleine-

Tabelle 3 Überblick über den Anwendungsbereich und die gegebenen Grenzen der Normen zur Bestimmung des Emissions-Schalldruckpegels am Arbeitsplatz.

	ISO 11 201 Genauigkeitsklasse 1 oder 2	ISO 11 202 Genauigkeitsklasse 2 oder 3	ISO 11 203 Genauigkeitsklasse 2 oder 3	ISO 11 204 Genauigkeitsklasse 2 oder 3	ISO 11 205 ≈ Genauigkeitsklasse 2
Messumgebung	Im Freien oder in Räumen	Im Freien oder in Räumen	entsprechend Norm zur Bestimmung des Schalleistungspegels	Im Freien oder in Räumen	Im Freien oder in Räumen
geforderte Messumgebung K_{2A}	Ideales Freifeld – Kl. 1 $K_{2A} \leq 2$ dB – Kl. 2	$K_{2A} \leq 7$ dB	entsprechend Norm zur Bestimmung des Schalleistungspegels	$K_{2A} \leq 7$ dB	$L_p - L_1 < 10$ dB mind. 1m Messabstand zur Wand
Max. zulässige Umgebungs-korrektur K_{3A}	keine Korrektur	Nach Anhang A.1: $K_{3A} \leq 4$ dB – Kl. 2 $K_{3A} \leq 7$ dB – Kl. 3	entsprechend Norm zur Bestimmung des Schalleistungspegels	$K_{3A} \leq 4$ dB – Klasse 2 $K_{3A} \leq 7$ dB – Klasse 3	Keine Korrektur erforderlich
Größe der Schallquelle	Keine Beschränkung; nur durch vorhandene Messumgebung begrenzt	Keine Beschränkung; nur durch vorhandene Messumgebung begrenzt	Besonders empfohlen für kleine Maschinen, aber auch für große Maschinen geeignet	Keine Beschränkung; nur durch vorhandene Messumgebung begrenzt	Keine Beschränkung; nur durch vorhandene Messumgebung begrenzt
Art des Geräuschs	Beliebig (breitbandig, schmalbandig, diskrete Frequenzen, gleichförmig, nicht-gleichförmig, impulshaltig)		entsprechend Norm zur Bestimmung des Schalleistungspegels	Beliebig	Dauergeräusch, breitbandig o. mit schmalband. Anteilen
Geforderter Fremdgeräuschabstand ΔL	$\Delta L \geq 10$ dB – Kl. 1 $\Delta L \geq 6$ dB – Kl. 2	$\Delta L \geq 6$ dB – Kl. 2 $\Delta L \geq 3$ dB – Kl. 3	entsprechend Norm zur Bestimmung des Schalleistungspegels	$\Delta L \geq 6$ dB – Klasse 2 $\Delta L \geq 3$ dB – Klasse 3	$\Delta L \geq 10$ dB
Messgeräte: Schallpegelmessgerät, ggf. Kalibrator	Klasse 1	Klasse 1 oder 2	entsprechend Norm zur Bestimmung des Schalleistungspegels	Klasse 1 oder 2	Klasse 1
Vorteile	Einfache Anwendung im Freien, hohe Genauigkeit	Einfache Anwendung – auch in üblichen Arbeitsräumen	Einfache Anwendung, falls der Schalleistungspegel bekannt ist	Anwendung in üblichen Arbeitsräumen bei relativ hoher Genauigkeit	Ggf. unter sehr ungünstigen Umgebungsbedingungen einsetzbar
Nachteile	Hohe Anforderungen an die Umgebung	Für viele Maschinen ungeeignet	Ggf. notwendige Bestimmung des Schalleistungspegels	Relativ hoher Mess- und Auswerteaufwand	Erfordert relativ teure Intensitätsmessgeräte und Erfahrung

ren Maschinen in großen Räumen. Das Ergebnis ist dann der Klasse 2 zuzuordnen.

Der Emissions-Schalldruckpegel L_p nach ISO 11201 lässt sich jeweils relativ einfach bestimmen, weil kein Umgebungskorrekturwert bestimmt werden muss und nur der Fremdgeräuscheinfluss zu berücksichtigen ist. Bei Messungen nach Genauigkeitsklasse 1 ist allerdings zusätzlich eine Normierung auf die meteorologischen Bezugsbedingungen (Luftdruck und Temperatur) notwendig.

Messung nach ISO 11202

Die ISO 11202 beschreibt die Ermittlung des Emissions-Schalldruckpegels von Maschinen und Geräten unter Einsatzbedingungen, d. h. in üblichen Arbeitsräumen oder im Freien. Der Umgebungseinfluss wird dabei als punktbezogener Kor-

rekturwert K_{3A} für den festgelegten Arbeitsplatzmesspunkt bestimmt, indem die äquivalenten Absorptionsfläche des Raums abgeschätzt und ggf. die Richtcharakteristik der Schallabstrahlung der Maschine berücksichtigt wird. Je nach Umgebungsbedingungen ist damit die Genauigkeitsklasse 2 oder 3 zu erreichen.

Die ISO 11202 lässt sich mit geringem Aufwand anwenden, falls sich die dominierende Schallquelle an der Maschine lokalisieren lässt und die Schallabstrahlung in Richtung des Arbeitsplatzes nicht abgeschirmt ist. Der A-bewertete Emissions-Schalldruckpegel L_{pA} errechnet sich dann unter Berücksichtigung der ggf. notwendigen Fremdgeräuschkorrektur K_{1A} und einer punktbezogenen Umgebungskorrektur K_{3A} entsprechend folgender Gleichung:

$$L_{pA} = L'_{pA} - K_{1A} - K_{3A} \quad (1)$$

mit:

L_{pA} : A-bewerteter Schalldruckpegel des Maschinengeräuschs einschließlich Fremdgeräusch

Lässt sich die dominierende Lärmquelle dagegen nicht zweifelsfrei erkennen, wird die Messung und Auswertung so aufwendig, dass man auch gleich das Verfahren der ISO 11204 anwenden kann, das erfahrungsgemäß ein genaueres Ergebnis liefert.

Messung nach ISO 11203

Nach ISO 11203 wird der A-bewertete Emissions-Schalldruckpegel L_{pA} aus dem A-bewerteten Schalleistungspegel der Maschine L_{WA} durch Abzug eines festen Beitrags Q_1 oder eines aus der Messfläche zu berechnenden Maßes Q_2 (Messflächen-

maß) mit folgender Gleichung berechnet:

$$L_{pA} = L_{WA} - Q \quad (2)$$

Die Genauigkeitsklasse ergibt sich dabei entsprechend der Genauigkeitsklasse des Verfahrens zur Bestimmung des Schallleistungspegels zu 2 oder 3.

Im Grunde macht man bei diesem Verfahren nichts anderes, als dass man von dem Schallleistungspegel L_W der Maschine auf den Messflächenschalldruckpegel in einem bestimmten Abstand zu der Maschine umrechnet (Abzug des Messflächenmaßes vom Schallleistungspegel) und diesen mittleren Schalldruckpegel auf der Messfläche als Emissions-Schalldruckpegel der Maschine definiert.

Das Verfahren bietet sich vor allem für kleine handgeführte Werkzeuge und Maschinen an, für die man i. d. R. eine feste Differenz zwischen dem Schallleistungspegel und dem Schalldruckpegel an dem Arbeitsplatz annehmen kann. Die Anwendung kommt alternativ auch für größere Maschinen in Betracht, für die sich eigentlich kein Bedien- bzw. Arbeitsplatz angeben lässt, z. B. für einen Kompressor, an dem sich allenfalls bei gelegentlichen Kontrollen jemand aufhält.

Das Verfahren ist jeweils mit geringem Aufwand anzuwenden, falls der Schallleistungspegel ohnehin bestimmt werden muss oder bereits bekannt ist. Dagegen fällt der Aufwand relativ hoch aus, falls für die Anwendung der ISO 11203 erst der Schallleistungspegel zu ermitteln ist.

Messung nach ISO 11204

Die ISO 11204 beschreibt ein Verfahren zur Ermittlung des Emissions-Schalldruckpegels von Maschinen und Geräten in üblichen Arbeitsräumen sowie im Freien und ist somit für die meisten Anwendungsfälle geeignet. Je nach Umgebungsbedingungen kann das Verfahren der Genauigkeitsklasse 2 oder 3 zugeordnet werden.

Wie beim Verfahren nach ISO 11202 errechnet sich der A-bewertete Emissions-Schalldruckpegel L_{pA} unter Berücksichtigung der ggf. notwendigen Fremdgeräuschkorrektur K_{1A} und einer punktbezogenen Umgebungskorrektur K_{3A} (siehe Gl. (1)). Der Umgebungskorrekturwert K_{3A} ist dabei allerdings nach einem etwas aufwendigeren Verfahren zu bestimmen, das neben der Schallabsorption des Arbeitsraums auch die Richtcharakteristik der Schallabstrahlung mit einbezieht.

Messung nach ISO 11205

Die ISO 11205 beschreibt ein Verfahren

zur Ermittlung des Emissions-Schalldruckpegels mithilfe der Schallintensitätsmess-technik, wobei die Genauigkeitsklasse 2 erreicht wird. Da der vom Raum verursachte Diffusschall ungerichtet ist, geht er bei der vektoriellen Schallintensitätsmessung nicht mit ein, d. h. es wird nur der von der Maschine abgestrahlte Geräuschanteil direkt erfasst. Zur Ermittlung des Emissions-Schalldruckpegels wird der Schallintensitätspegel am Arbeitsplatz in drei Achsen eines rechtwinkligen Koordinatensystems gemessen und dann vektoriell addiert.

Das Verfahren bietet sich vor allem an, falls die Maschine unter ungünstigen raumakustischen Bedingungen aufgestellt ist, sodass die Schalldruckmessverfahren nach den Normen ISO 11202 und ISO 11204 an ihre Grenzen stoßen. Problematisch ist die Anwendung dieses Verfahrens jedoch bei größeren Maschinen mit weit auseinander liegenden Lärmquellen, bei größeren Reflexionsflächen in unmittelbarer Nähe des Messpunkts sowie bei Fremdgeräuscheinstrahlung durch benachbarte Maschinen und Anlagen.

Tabellarischer Vergleich der Messverfahren

Um einen Überblick über die verschiedenen Messverfahren zur Bestimmung des Emissions-Schalldruckpegels zu geben, sind die wesentlichen Bedingungen zur Anwendung der einzelnen Verfahren in Tabelle 3 gegenübergestellt. Darüber hinaus werden dort die wesentlichen Vor- und Nachteile der einzelnen Verfahren genannt.

Zusammenfassung

Der Emissions-Schalldruckpegel am Arbeitsplatz ist ein wesentlicher Kennwert zur Beschreibung der Geräuschemission einer Maschine. So ist der Hersteller einer Maschine nach der EG-Maschinenrichtlinie verpflichtet, den entsprechenden Wert in der Betriebsanleitung und in den technischen Unterlagen anzugeben. Erst bei Überschreitung eines Emissions-Schalldruckpegels von 80 dB(A) ist zusätzlich die Angabe des Schallleistungspegels gefordert.

Zur Bestimmung des Emissions-Schalldruckpegels am Arbeitsplatz gibt es unterschiedliche Ansätze, die in den Rahmennormen DIN EN ISO 11201 bis DIN EN ISO 11205 beschrieben werden. Diese Grundnormen wurden größtenteils Mitte der 1990er-Jahre entwickelt, in den letzten Jahren aber wesentlich überarbeitet, um die zwischenzeitlich damit gesammelten Erfahrungen zu berücksichtigen. Die

wesentlichen Merkmale dieser Rahmennormen werden in wenigen Worten beschrieben, um damit die Messverfahren zu skizzieren und eine Entscheidungshilfe für die Auswahl des für eine bestimmte Maschinenart am besten geeigneten Verfahrens zu geben. Sofern es bereits eine maschinenspezifische Norm für die Maschinengruppe gibt, sollten die anzuwendenden Rahmenmessverfahren in der entsprechenden Norm festgeschrieben sein. TS 131



Autor

Dr. Jürgen H. Maue,
Institut für Arbeitsschutz
der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung,
Sankt Augustin.

Literaturverzeichnis

- [1] Richtlinie 2006/42/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 17. Mai 2006 über Maschinen und zur Änderung der Richtlinie 95/16/EG. Abl. EU Nr. L157 vom 9. Juni 2006, S. 24-86.
- [2] Neunte Verordnung zum Geräte- und Produktsicherheitsgesetz (Maschinenverordnung) (9. GPSGV) vom 12. Mai 1993. BGBl. I, S. 704, zul. geänd. durch Artikel 1 der Verordnung vom 18. Juni 2008, BGBl. I, S. 1060.
- [3] Maue, J. H.: Lärmmessungen im Betrieb – Anleitung zur normgerechten Ermittlung der Lärmexposition am Arbeitsplatz und der Geräuschemission von Maschinen. Berlin: Erich Schmidt Verlag 2011.
- [4] DIN EN ISO 11200 – DIN EN ISO 11205: Akustik – Geräuschabstrahlung von Maschinen und Geräten – Bestimmung von Emissions-Schalldruckpegeln am Arbeitsplatz und an anderen festgelegten Orten. Berlin: Beuth Verlag 2009.
- [5] Probst, W.: Genauigkeit bei der Messung des Emissions-Schalldruckpegels von Maschinen, Anwendung der Normen ISO 11201, ISO 11202 und ISO 11204. Forschungsbericht der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin. Dortmund 2008.
- [6] ISO 7960: Luftschallemission von Werkzeugmaschinen – Festlegungen für Holzbearbeitungsmaschinen. Genf 1995.