

Automatisierte Generierung von parametrisierten Rechenmodellen

Klaus Goldemund

ACCON GmbH, Greifenberg; Email: klaus.goldemund@accon.de

Einleitung

Ziel der Richtlinie 2000/14/EG [1] ist die Harmonisierung der Lärmschutzvorschriften für zur Verwendung im Freien vorgesehenen Geräte und Maschinen, damit Hindernisse für den freien Verkehr dieser Geräte und Maschinen im Rahmen des europäischen Binnenmarktes entfallen. Durch die Herstellerangabe von normgerecht ermittelten und garantierten Emissionskennwerten und die Einhaltung von Grenzwerten wird der Verbraucher/Benutzer in die Lage versetzt, eine bewusste Kaufentscheidung zu treffen, eine Verwendungsvorschrift zu erstellen und zugleich für den Schutz der Gesundheit und des Wohlbefindens zu sorgen.

Emissionskennwerten

Zur Ermittlung des Schallleistungspegels als grundlegende Emissionskenngröße von Geräten und Maschinen im Sinne von [1] Artikel 2 Absatz 1 kann die Geräuschemissionsgrundnorm ISO 3744 [2] angewandt werden.

Wenn ein Maschinenhersteller darüber hinaus noch weitere Daten wie z. B. das Frequenzspektrum und die Richtwirkung der Geräuschabstrahlung seiner Maschinen kennt, kann er seinen Kunden einen zusätzlichen Service anbieten: Zusammen mit den maschinenspezifischen Daten (z. B. Abmessungen) kann ein dreidimensionales Rechenmodell erstellt und die bei Betrieb der Maschine zu erwartende Schalldruckpegelverteilung in ihrer Umgebung nach DIN ISO 9613-2 [3] berechnet werden.

Generierung von Rechenmodellen

Bietet ein Hersteller unterschiedliche Produkte mit einer großen Parametervariation an, so ist aus Kostengründen der Aufwand bei der messtechnischen Ermittlung der Emissionskennwerten und bei der Modellierung zu begrenzen. Zur automatischen Generierung von schalltechnischen Rechenmodellen haben sich die folgenden Arbeitsschritte bewährt:

1. Aus einer Produktgruppe werden diverse Typen ausgewählt, mit denen die marktüblichen Parameterwerte abgedeckt werden.
2. Für die einzelnen Maschinentypen und definierte Parameterkombinationen werden jeweils die Emissionskennwerten in Form von Gesamt- oder Teilschallleistungen messtechnisch ermittelt (i.d.R. für die Oktavmittelfrequenzen von 31,5 Hz bis 8 kHz), wobei auch die frequenzabhängige Richtcharakteristik einbezogen ist.
3. Der Emissionsansatz wird für alle nicht vermessenen Parameterwerte durch Interpolation und Regression ermittelt.
4. Mit einem Rechenprogramm (z. B. CadnaA von Data-Kustik, www.datakustik.de) wird für die Produktgruppe einmalig ein parametrisiertes Computermodell zur Berechnung der Schallausbreitung programmiert. Die spezifischen Geräte- bzw. Maschinen-Rechenmodelle werden anschließend über eine Datenbankanbindung automatisch generiert.

Mit den v. g. Rechenmodellen können für alle Parameterkombinationen automatisiert Schallausbreitungsberechnungen durchgeführt werden. Somit existiert für jede Maschine eine Grafik, in der die von der Maschine erzeugte Schalldruckpegelverteilung in der gesamten Umgebung dargestellt ist.

Durchführung von Untersuchungen

Das v. g. Procedere wurde exemplarisch an einer Modellreihe von Verflüssigern/Rückkühlern angewandt (s. Abb. 1).



Abbildung 1: Luftgekühlter Verflüssiger/Rückkühler, aufgestellt im reflexionsarmen Raum des Fraunhofer Institutes für Bauphysik

Für ausgewählte Baugrößen, Ventilatorformen und Drehzahlen wurden nach ISO 3744 [2] für die Oktavmittelfrequenzen von 31,5 Hz bis 8 kHz die Schallleistungspegel der Zu- und Abluft messtechnisch ermittelt. Die entsprechenden Messflächen sind in Abbildung 2 dargestellt.

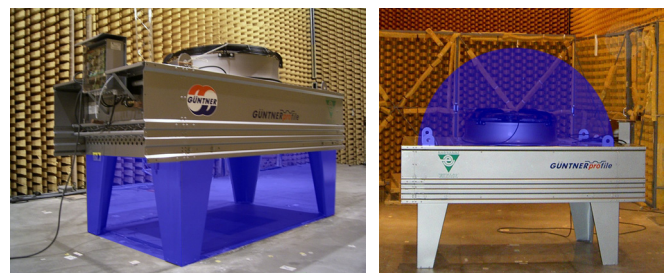


Abbildung 2: Messflächen (Skizzen) zur Ermittlung der Zu-/Abluft-Schallleistung von Verflüssigern/Rückkühlern

Zugleich wurden an den in Abbildung 3 markierten Punkten in den Achsrichtungen a, b und c Schalldruckpegelmessungen zur Berechnung der Richtcharakteristik durchgeführt.

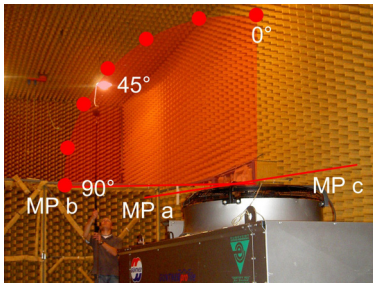


Abbildung 3: Messpunkte zur Ermittlung der Richtcharakteristik von Verflüssigern/Rückkühlern

Auswertung

Die Richtwirkungsmaße wurden nach Gleichung 1 berechnet:

$$D_i = L_{pi} - \overline{L_p} \text{ dB} \quad (1)$$

D_i Richtwirkungsmaß für den Winkel i [dB]

L_{pi} Schalldruckpegel im Winkel i [dB]

$\overline{L_p}$ flächengewichteter Gesamt-Mittelwert (Messflächen-Schalldruckpegel) [dB].

Die Schalleistungspegel für die Zu-/Abluft wurden nach ISO 3744 [2] berechnet.

Die Emissionskenndaten für alle nicht vermessenen Parametervariationen wurden durch Interpolation ermittelt, so dass letztendlich für ca. 900 Geräte die Schalleistungen und Richtcharakteristika vorliegen.

Datenverwaltung

Mit den Ergebnissen der schalltechnischen Untersuchungen und den gerätespezifischen Daten (Geometrie, Betriebsparameter etc.) wurde eine MS-Datenbank aufgebaut, die zugleich die Eingabeparameter für die schalltechnische Ausbreitungsberechnung zur Verfügung stellt (s. Abb. 4).

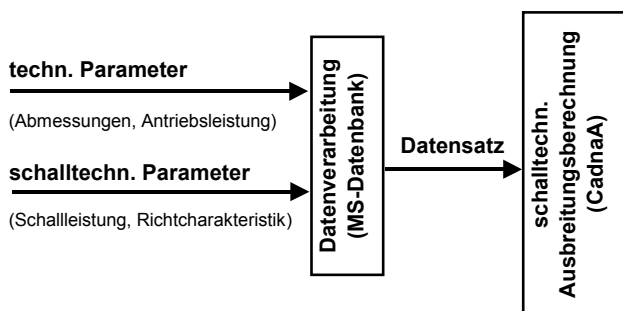


Abbildung 4: Dateneingabe für eine schalltechnische Ausbreitungsberechnung über eine MS-Datenbank

Schalldruckpegelverteilungen

Mithilfe der automatisierten Dateneingabe wurden für ca. 900 Geräte und drei Höhenniveaus schalltechnische Ausbreitungsberechnungen nach DIN ISO 9613-2 [3] für Freifeldbedingungen durchgeführt. In Abbildung 5 ist eine berechnete Schalldruckpegelverteilung dargestellt. Die Angabe des Schalldruckpegels erfolgt farblich codiert entsprechend einer Legende. Zusätzlich zu den 5-dB-Farbklassen sind 1-dB-Isolinien eingezeichnet.

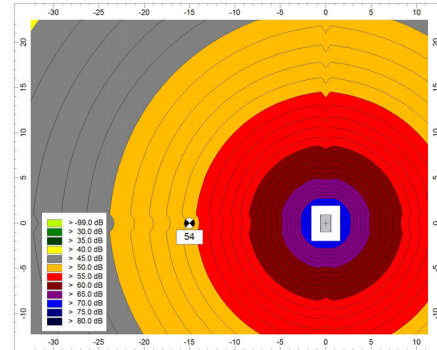


Abbildung 5: Berechnete Schalldruckpegelverteilung für einen Verflüssiger/Rückkühler, Rahmenmaßstab in Meter

Die resultierenden ca. 2700 Schalldruckpegelverteilungen stellt die Hans Güntner GmbH www.guentner.de ihren Kunden kostenlos über Internet zur Verfügung.

Zusammenfassung

Basierend auf „selektiven“ schalltechnischen Reihenuntersuchungen können die Emissionskenndaten kompletter Produktreihen ermittelt werden. Durch die Kopplung einer Datenbank mit einem schalltechnischen Rechenprogramm können die Rechenmodelle und die resultierenden Schalldruckpegelverteilungen effizient automatisch generiert werden. Das Beispiel zeigt, wie von einem Hersteller produkt kennzeichnende schalltechnische Daten (Schalleistungspegel und Schalldruckpegelverteilung) dem Verbraucher/Benutzer zur optimalen Information zur Verfügung gestellt werden können. Es ist eine Aufgabe für die Zukunft, das vorgestellte Verfahren auf die Geräte und Maschinen im Sinne von [1] Artikel 2 Absatz 1 anzuwenden.

Literatur

[1] Richtlinie 2000/14/EG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES zur Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten über umweltbelastende Geräuschemissionen von zur Verwendung im Freien vorgesehenen Geräten und Maschinen, Mai 2000

[2] ISO 3744, „Acoustics – Determination of sound power levels of noise sources using sound pressure – Engineering method in an essentially free field over a reflecting plane“, Mai 1994

[3] DIN ISO 9613-2, „Dämpfung des Schalls bei der Ausbreitung im Freien, Teil 2: Allgemeines Berechnungsverfahren“, September 1997