

# Vereinfachte Verfahren zur Schalleistungsbestimmung für die routinemäßige Überwachung von Anlagen – Kann eine höhere Wirtschaftlichkeit ohne zu hohen Qualitätsverlust erreicht werden?

Lothar Schmidt<sup>1</sup>, Andreas Fischer<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Bayer Industry Services, 41538-Dormagen, Email: lothar.schmidt.ls@bayerindustry.de

<sup>2</sup> Bayer Industry Services, 41538-Dormagen, Email: andreas.fischer.af1@bayerindustry.de

## Einleitung

Die vielfach in regelmäßigen Abständen geforderte Überprüfung der Schallimmission von Industrie- und Gewerbeanlagen kann in der Regel nur durch Bestimmung der Schalleistung der relevanten Schallquellen und anschließende Ausbreitungsrechnung erfolgen. Neben Intensitätsmessungen nach DIN EN ISO 9614-2 [1] beschreiben im Wesentlichen die Normen DIN EN ISO 3740 ff. (in den vorliegenden Vergleichsmessungen DIN EN ISO 3744 [2]) sowie maschinenspezifische Folgeteile der DIN 45635 Verfahren, die auf der Messung des Schalldruckpegels basieren. Alle genannten Verfahren sind mit erheblichem Aufwand verbunden. Neben dem häufigen Widerstand der Anlagenbetreiber, die entsprechenden Kosten zu tragen, muss man sich die Frage stellen, ob hier Aufwand und Nutzen in einem angemessenen Verhältnis stehen.

Das hier vorgestellte Verfahren wurde unter den Aspekten der Minimierung des Aufwandes sowie der Unempfindlichkeit gegen hohe Fremdgeräusche aus dem Verfahren nach DIN EN ISO 3744 [2] entwickelt und dient ausschließlich der Berechnung der Schallimmission an Immissionsorten im Umfeld der Industriestandorte, nicht z.B. der Überprüfung der Schalleistung einzelner Aggregate im Rahmen von Gewährleistungsansprüchen.

Da die "wahre" Schalleistung der betrachteten Quellen nicht bekannt ist, wird davon ausgegangen, dass der mit Hilfe der Schallintensität bestimmte Wert dem "wahren" Wert am nächsten kommt.

Auch wenn hierbei keine Informationen über einzelne Schallquellen gewonnen werden, wurde zur Vollständigkeit an einer Anlage das Verfahren nach DIN ISO 8297 [3] (Rundumverfahren) durchgeführt. Die ermittelte Schalleistung entsprach der Summe der an den Einzelaggregaten ermittelten Schalleistungen. Die damit berechnete Schallimmission wich aber erheblich ab. Problem ist hier die Positionierung der Schalleistung. In dicht bebauten Industriegeländen ist das Rundumverfahren oft nicht durchführbar. Es wird im Folgenden nicht weiter betrachtet.

## Vergleichende Betrachtung der Verfahren

### "Schnelles Verfahren"

Das "Schnelle Verfahren" ist angelehnt an das Verfahren nach DIN EN ISO 3744 [2] und unterscheidet sich im Wesentlichen in folgenden Punkten:

- An Stelle der Messung an definierten Punkten wird, sofern keine relevanten Luftströmungen vorliegen, die Messfläche im Nahfeld abgescannet. Bei relevanten

Luftströmungen werden wenige repräsentative Messpunkte außerhalb der Strömung verwendet.

- Der Messabstand wird unter dem Aspekt der Reduzierung von Fremdgeräusch so gering wie möglich gewählt (minimal 0,05 m).

Das "Schnelle Verfahren" erfordert bei einem Aufwand von ca. 5 Minuten pro Aggregat (Scannen) praktisches Geschick. Es besteht beispielsweise die Gefahr von Fehlmessungen, wenn man beim Messen z.B. in den Luftstrom von Lüftern hineinscannet. Beim Scannen in engen Umgebungen besteht darüber hinaus die Gefahr, mit dem Mikrofon oder der Haltestange an einem benachbarten Anlagenteil anzustoßen.

Wegen der teilweise sehr geringen Messabstände ist eine Korrektur des Winkelfehlers erforderlich. Diese erfolgt nach für Quader nach (1) [4] und für Zylinderflächen nach (2) [5]

$$\varepsilon'_w = 1,36 * \lg\left(\frac{S_m}{d^2}\right) \quad (1) \quad \varepsilon'_w = 1,36 * \lg\left(\frac{S_m}{d^2}\right) - 1 \quad (2)$$

### Genormtes Schalldruckverfahren (DIN EN ISO 3744 [2])

Wesentliche Aspekte des Schalldruckverfahrens nach DIN EN ISO 3744 [2] im industriellen Umfeld sind:

- Ein Aufwand von ca. 45 Minuten pro Aggregat (einz. Messpunkte).
- Oft ist durch die große Messfläche die Zugänglichkeit durch benachbarte Anlagenteile (z.B. Rohrleitungen) sehr schwierig. Dies verhindert vielfach eine genaue Positionierung der Messpunkte.
- Auch ist der Fremdgeräuschabstand oft ein großes Problem; echte Fremdgeräuschmessungen (durch Abschalten des Aggregates) sind aus betrieblichen Gründen nur sehr selten möglich.

### Schallintensitätsverfahren (DIN EN ISO 9614-2 [1])

Aspekte des Intensitätsverfahrens im industriellen Umfeld sind

- Aufwand: ca. 25 Minuten pro Aggregat (Scannen)
- Beim Intensitätsverfahren ist oft durch die große Messfläche die Zugänglichkeit durch benachbarte Anlagenteile (z.B. Rohrleitungen) sehr schwierig.
- Bei großen Maschinen ist beim Intensitätsverfahren ein genaues Abscannen der Oberseite der Messfläche nur mit großem Aufwand möglich (z.B. Gerüst).

## Ergebnisse

Tabelle 1 zeigt den Vergleich der Messwerte, die mit den unterschiedlichen Verfahren erzielt wurden.

Tabelle 1: Vergleich der Messwerte

|                   | DIN EN<br>ISO 3744<br>$L_{wA}$ | DIN EN<br>ISO 9614-2<br>$L_{wA}$ | (1)<br>$L_{wA}^*$ | (2)<br>$L_{wA}$ | Mess-<br>flächentyp |
|-------------------|--------------------------------|----------------------------------|-------------------|-----------------|---------------------|
| Auslass D304      | 82,6                           | <b>79,1</b>                      | 81,2              | 83,7            | Quader              |
| Pumpe ELB         | 80,1                           | <b>72,5</b>                      | 72,4              | 75,5            | Quader              |
| Abwasserpumpe     | 81,4                           | <b>75,2</b>                      | 77,8              | 80,7            | Zylinder            |
| Rührwerk Rut.     | 91,8                           | <b>86,6</b>                      | 88,5              | 91,5            | Zylinder            |
| Ventilator 131    | 91,2                           | <b>85,8</b>                      | 87,4              | 87,4            | Halbkugel           |
| Pumpe R7          | (*)                            | <b>80,7</b>                      | 82,3              | 85,7            | Quader              |
| Pumpe C603        | 82,7                           | <b>77</b>                        | 78,7              | 82              | Zylinder            |
| Rührwerk A822     | 92,9                           | <b>88,4</b>                      | 91,7              | 94,9            | Zylinder            |
| Pumpe PA011       | (*)                            | <b>83</b>                        | 87,8              | 90,6            | Zylinder            |
| Pumpe PA022       | (*)                            | <b>88,6</b>                      | 90,8              | 94,2            | Zylinder            |
| Ans. Luftkühler 1 | (**)                           | <b>88,8</b>                      | 90,1              | 90,1            | Halbkugel           |
| Ans. Luftkühler 2 | (**)                           | <b>101,1</b>                     | 104               | 104             | Halbkugel           |
| Rheinpumpe        | (**)                           | <b>91,3</b>                      | 94,7              | 94,7            | Halbkugel           |

(1): Schalleistung mit dem "Schnellen Verfahren" bestimmt, mit Winkelkorrektur

(2): Schalleistung mit dem "Schnellen Verfahren" bestimmt, ohne Winkelkorrektur

(\*): Verfahren nach DIN EN ISO 3744 [2] war wegen zu hohen Fremdgeräusches nicht anwendbar

(\*\*): Keine Messungen nach DIN EN ISO 3744 [2] durchgeführt

## Betrachtung der systematischen Fehler

### Winkelfehler

Der Schalldruckpegel auf der Messfläche beinhaltet in der Regel auch Anteile, die nicht von dem senkrecht zur Messfläche laufenden Schallfluss herrühren (Querkomponenten). Dieser Beitrag muss von der aus dem Schalldruckpegel berechneten Schalleistung abgezogen werden [4]. Die Normen der Reihe DIN EN ISO 3740 ff. und die Folgeteile der DIN 45635 beinhalten eine solche Korrektur nicht.

### Impedanzfehler

Im Nahfeld der Schallquelle sind Schalldruck und Schallschnelle nicht in Phase, so dass auch hier durch die Schalldruckmessung eine Blindleistung mit erfasst wird. Da die Ausdehnung des Nahfeldes frequenzabhängig ist, müsste auch eine Korrektur frequenzabhängig erfolgen.

Bei der Intensitätsmessung entsteht kein Nahfeldfehler. Die Normen der Reihe DIN EN ISO 3740 ff. und die Folgeteile der DIN 45635 beinhalten keine Korrektur des Nahfeldfehlers, halten diesen aber durch einen relativ großen Messabstand klein.

Bei dem "Schnellen Verfahren" werden Impedanzfehler zu Gunsten einer geringeren Fremdgeräuschproblematik in Kauf genommen. Aus Abbildung 2 ist eine Gegenüberstellung des nach dem Intensitätsverfahren ermittelten Schalleistungspegels mit dem nach dem „schnellen Verfahren“ ermittelten Schalleistungspegel ersichtlich.

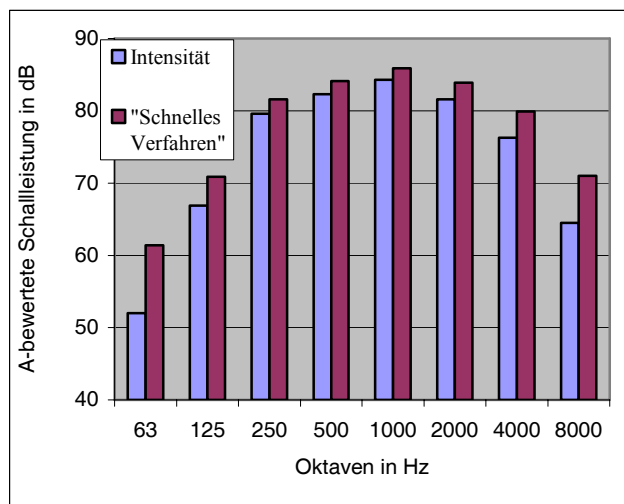


Abbildung 1: Oktavspektrum der Schalleistung (Pumpe PA022)

## Fremdgeräusch

In kompakt gebauten Anlagen ist Fremdgeräusch praktisch immer ein wesentliches Problem. In manchen Fällen kann es dadurch gemindert werden, dass man mehrere eng benachbarte Aggregate zu einer Schallquelle mit einer gemeinsamen Hüllfläche zusammenfasst. Eine Bestimmung des Fremdgeräusches durch Abschalten von Aggregaten ist in kontinuierlich betriebenen Anlagen praktisch nie möglich.

## Fazit

Auf Grund der in der Regel großen Fremdgeräuschprobleme liefert sicher in den meisten Fällen das Schallintensitätsverfahren auf Grund seiner fundamentalen Eigenschaften die zuverlässigsten Ergebnisse.

Das "Schnelle Verfahren" hat gegenüber dem Schallintensitätsverfahren und dem Hüllflächenverfahren nach DIN EN ISO 3740 ff. den mit Abstand geringsten Zeitaufwand und liefert eine obere Abschätzung der abgestrahlten Schalleistung. Es erscheint für die wiederkehrende Überprüfung der Schallemission industrieller Schallquellen geeignet. Im Rahmen einer Standardisierung könnten Plausibilitätskriterien definiert werden, mit denen die Qualität des Abscannens überwacht werden kann.

## Literatur

- [1] DIN EN ISO 9614-2: 12-1996 - Bestimmung der Schalleistungspegel von Geräuschquellen aus Schallintensitätsmessungen, Teil 2: Messung mit kontinuierlicher Abtastung
- [2] DIN EN ISO 3744: 11-1995 - Bestimmung der Schalleistungspegel von Geräuschquellen aus Schalldruckmessungen, Hüllflächenverfahren der Genauigkeitsklasse 2 für ein im wesentlichen freien Schallfeld über einer reflektierenden Ebene
- [3] DIN ISO 8297: 8-2000 - Bestimmung der Schalleistungspegel von Mehr-Quellen-Industrieanlagen für die Abschätzung von Schalldruckpegeln in der Umgebung, Verfahren der Genauigkeitsklasse 2
- [4] Probst, W., Checking of Sound Emission Values, Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, Fb 851
- [5] Sagemühl, D., persönliche Mitteilung, Formel abgeleitet in Anlehnung an [4]