

Die Verbesserung der Lärmprognose durch Einbeziehung von Messergebnissen

Wolfgang Probst

DataKustik GmbH, Gewerbering 5, 86926 Greifenberg, E-Mail: wolfgang.probst@datakustik.de

Einleitung

Lärmberechnungen sind erforderlich, wenn über evtl. erforderliche Minderungsmaßnahmen bei bestehenden Problemsituationen oder über die Zulässigkeit von geplanten Projekten entschieden werden soll.

Obwohl die dabei angewendeten Verfahren zur Berechnung der Emission aus technischen Parametern die summarische Erfahrung aus früher durchgeführten Messungen widerspiegeln sollten, besteht doch häufig ein Akzeptanzproblem mit reiner Berechnung und es wird die Überprüfung oder gar Aktualisierung durch ergänzende Messungen gefordert. Dieser von den Messgeräteherstellern verständlicherweise massiv unterstützte Trend geht so weit, dass teilweise wichtige Eingangsparameter gar nicht mehr erhoben werden, sondern Lärmkarten für ganze Stadtbereiche an die Meßergebnisse weniger Monitorstationen angepasst werden. Auch die Emission von Industriebetrieben wird aus außerhalb des Betriebsgrundstücks ermittelten Messungen „rückgerechnet“ und so in die gesamte Lärmkartenberechnung integriert. Diese mit Begriffen wie „dynamische Lärmkarten“ oder „Reverse Engineering“ benannten Techniken haben durchaus ihre Berechtigung, sollten aber hinsichtlich der Genauigkeit der Ergebnisse sorgfältig hinterfragt werden. Auch hier gilt die Regel, dass mangelndes Wissen über wichtige Eingangsparameter auch durch noch so ausgeklügelte Algorithmen nicht ersetzt werden kann.

Das Prinzip der Rückrechnung

Die übliche Berechnung des von einer einzelnen Quelle an einem Monitorpunkt verursachten Schalldruckpegels L aus dem Schalleistungspegel L_w und der alle relevanten Effekte beinhaltenden Ausbreitungsdämpfung A erfolgt im Pegelbereich als lineare Gleichung nach

$$L_w - A = L \quad (1)$$

In „leistungsbezogener“ Schreibweise ist dies

$$10^{-A/10} \cdot 10^{0,1L_w} = 10^{0,1L} \quad (2)$$

bzw.

$$a \cdot E = I \quad (3)$$

Mit einer Quelle und einem Monitorpunkt ist die Sache einfach: Im Prognosefall kann aus der Emission L_w bzw. E die Immission L bzw. I berechnet werden und im Sinne einer Rückrechnung wird aus dem Messwert L bzw. aus I die Emission der Quelle L_w bzw. E berechnet. Im Fall der Rückrechnung ergibt sich dann unter Anwendung der festgelegten Schallausbreitungsrechnung, die auch zur

Bestimmung der Ausbreitungsdämpfung A angewendet worden ist, der von dieser Quelle verursachte Schallpegel in der gesamten Umgebung – es wurde somit aus einem einzigen Messwert L eine komplette Lärmkarte berechnet.

Bei der Berechnung einer Lärmkarte aus einem einzelnen Messwert ergibt sich an jedem Lärmkartenpunkt der Unterschied der Quellen-Richtcharakteristik in dieser Richtung zu jener in Richtung zum Monitorpunkt als Fehler.

Betrachtet man die Formulierung nach Gleichung (2), so kann das System leicht auf mehrere Quellen und Monitorpunkte erweitert werden. Im Falle $n = 2$ ergibt sich

$$\begin{pmatrix} a_{11} & a_{21} \\ a_{21} & a_{22} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} E_1 \\ E_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} I_1 \\ I_2 \end{pmatrix} \quad (3)$$

Bild 1 zeigt diesen Fall mit $n = 4$.

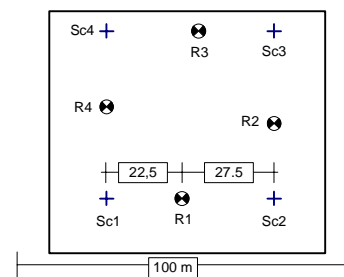


Abbildung 1: 4 Schallquellen Sc und 4 Monitorpunkte R.

Bei der Rückrechnung wird im ersten Schritt diese Situation modelliert und es wird mit einer Schallausbreitungsrechnung für jede Kombination Quelle – Monitorpunkt das Übertragungsmaß ($L_w - L$) – dies entspricht dann der Ausbreitungsdämpfung A – bestimmt. Dies erfolgt z.B. durch Zuweisung eines beliebigen Testwerts L_{wn} zu den Quellen und Berechnung der Teilpegel L_{ni} . Weiter wird der von allen Quellen zusammen verursachte Schallpegel an jedem Monitorpunkt gemessen. Aus der Lösung des Gleichungssystems gemäß (3) ergibt sich dann die Emission der einzelnen Quellen.

Zur Prüfung der prinzipiellen Genauigkeit des Verfahrens werden den Quellen die Werte L_w von 100, 97, 94 und 91 dB zugewiesen. Danach werden die o.g. beiden Schritte durchgeführt und es werden die L_w Werte nach dem Verfahren bestimmt. Die Differenz aus zugewiesenem und nachträglich bestimmtem Wert ist der Fehler. Nun wird ein um x dB abweichender Pegel als Messwert am Monitorpunkt R4 vorausgesetzt und der Fehler in der Bestimmung von L_w ermittelt. Dieses Verfahren führt im vorliegenden Beispiel auf den in Abbildung 2 dargestellten Zusammenhang.

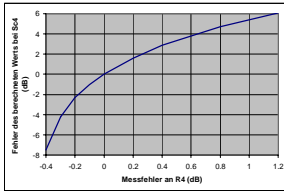


Abbildung 2: Fehler in der Emissionsbestimmung von Sc4 in Abhängigkeit vom Messfehler in R4.

Dieses bewusst einfach gehaltene Beispiel zeigt, dass schon kleinste Abweichungen von wenigen Zehntel dB im gemessenen Pegel zu erheblichen Fehlern in der Bestimmung der Emission und damit der Lärmkarte in der Umgebung dieser Quelle führen können. Der Grund liegt einfach in der Tatsache, dass die Auflösung derartiger Gleichungssysteme – nach welcher Methode immer – schnell an ihre Grenzen stößt, wenn Differenzen zwischen nur gering unterschiedlichen Pegeln zu bilden sind. Anders ausgedrückt – wenn ein Gesamtpegel vorgegeben ist, so muss die Bestimmung des lautereren Teilpegels sehr genau sein, wenn der niedrigere Teilpegel durch Differenzbildung bestimmt wird.

Die hier betrachteten Punktquellen können auch durch ausgedehnte Quellen oder durch Quellengruppen ersetzt werden – solange vorausgesetzt werden kann, dass nur die Gesamtemission variabel ist und die Richtcharakteristik bzw. die Differenz der Emissionspegel innerhalb einer Gruppe unverändert bleibt.

Rückrechnung bei Industriequellen

Es ist offensichtlich, dass die Berechnung der Pegelverteilung (Lärmkarte) in der Umgebung eines Industriebetriebs umso ungenauer wird, je weniger detailliert die tatsächlich abstrahlenden Quellen in das Modell einbezogen werden. Die größte – dennoch im Zuge der Lärmkartierung meist angewendete – Näherung ist die Modellierung als Flächenquelle. Setzt man deren Abstrahlung als ungerichtet voraus, so reicht tatsächlich eine einzige Monitorposition aus, um über die Emission ins Fernfeld zu rechnen.

In der Praxis ist es zweckmäßig, die Messpunkte in Anlehnung an ISO 8297 auf einer Umfangslinie so anzuordnen, dass die Emission in alle Richtungen erfasst wird. Das Ergebnis der Emissionsrechnung nach ISO ist dann wieder ein Einzahlwert, der einer Flächenquelle zugeordnet werden kann, die den lärmrelevanten Teil des Betriebsgrundstücks abdeckt. Nach dem o. g. Verfahren kann mit n Monitorstationen theoretisch auch in diesem Fall die Emission von n unterschiedlichen Quellbereichen aufgelöst werden, aber gerade bei Industriequellen mit der aufgrund von Teilabschirmungen gerichteten Abstrahlung ist dies ein extrem unsicheres Verfahren. In der Regel ist es nur sinnvoll, das gesamte Betriebsgelände in wenige größere Teilflächen aufzuteilen, die Monitorpositionen zu gruppieren und aus n Pegelmittelwerten die n Emissionswerte zu bestimmen.

Rückrechnung bei Straßenquellen

Im Rahmen der Lärmkartierung für Ballungsräume wird die Verwendung von Monitorstationen oft empfohlen, um das Fehlen von Verkehrszählenden auszugleichen. In zahlreichen Projekten – vorwiegend von der Messgeräteindustrie nahe stehenden Autoren – werden die Vorteile des Einsatzes von Dauermessstellen „bewiesen“.

Hier gelten die obigen Ausführungen in gleicher Weise – akzeptable genaue Ergebnisse sind nur erzielbar, wenn die Monitorpositionen möglichst eindeutig den dominanten Quellen zugeordnet sind. Für jede dieser Quellen wird dann eine eigene Lärmkarte vorausberechnet und das Anpassen an die Messwerte erfolgt durch arithmetische Korrektur jeder quellenbezogenen Karte und anschließender Pegeladdition aller Karten.

Zusammenfassung

Die möglichst genaue Modellierung und Zuweisung der erforderlichen Eingangsdaten kann durch Rückrechnung aus Messwerten nicht ersetzt werden. Wenn Messwerte an einer Stelle von den durch reine Berechnung an derselben Stelle ermittelten Werten wesentlich abweichen, so muss die Ursache untersucht werden, um die falsch eingeschätzten Eingangsparameter anzupassen. Nur so ist es möglich, die Wirkung von Lärminderungsmaßnahmen im Zuge einer Aktionsplanung abzuschätzen. Wenn eine auf kürzere Zeiträume bezogene Lärmkarte erzeugt und dynamisch an Messwerte angepasst werden soll, ist es vorteilhaft, diese Messwerte an Orten zu ermitteln, die möglichst nur jeweils von einer einzigen dominierenden, in ihrer Ausdehnung bekannten und hinsichtlich Richtcharakteristik konstant abstrahlenden Quelle betroffen sind.

Literatur

- [1] Manvell, D. et al: SADMAM – Combining Measurements and Calculations to Map Noise in Madrid. InterNoise 2004, Prague
- [2] Manvell, D. et al.: Reverse engineering: guidelines and practical issues of combining noise measurements and calculations, InterNoise 2007, Istanbul
- [3] Reiter, M. et al: Optimizing localization of noise monitoring stations for the purpose of inverse engineering applications. Acoustics'08, Paris 2008
- [4] Comeaga, D. Et al: Reverse engineering for noise maps with application for Bucharest city, InterNoise 2007, Istanbul
- [5] Stapelfeldt, H. et al: Reverse Engineering – Improving noise prediction in industrial noise impact studies, EuroNoise 2009, Edinburgh