

Zur Genauigkeit, Präzision und Transparenz bei der Lärmberechnung

Wolfgang Probst¹

¹ DataKustik GmbH, 86926 Greifenberg, E-Mail: wolfgang.probst@datakustik.de

Einleitung

Verfahren zur Berechnung der Schallemission und –ausbreitung werden bei schalltechnischen Planungsaufgaben, zur Beurteilung der Zulässigkeit und Machbarkeit von Einzelprojekten im gesetzlich geregelten Bereich und zur strategischen Lärmkartierung im Vollzug der Richtlinie zum Umgebungslärm 2002/49/EC (END) angewendet. Oft wird die Genauigkeit dieser Verfahren im Sinne der Übereinstimmung mit Messwerten als einziger Maßstab für deren Qualität angesehen. Die Praxis zeigt aber, dass neben der Genauigkeit auch der Präzision und der Transparenz bzw. Nachvollziehbarkeit ein hoher Stellenwert zukommt. Bei der Weiterentwicklung und Entscheidung unter mehreren denkbaren Berechnungsmethoden sollten alle drei Aspekte berücksichtigt und in eine Bewertung einbezogen werden.

Aus aktuellem Anlass wird mit diesem Beitrag speziell auf die Notwendigkeiten bei der Festlegung eines harmonisierten Berechnungsverfahrens im Rahmen von END eingegangen.

Erfahrungen aus der Anwendung im gesetzlich geregelten Bereich

Für Straße, Schiene, industriell gewerbliche Quellen und Flughäfen sind in Deutschland RLS-90, Schall 03, ISO 9613-2 und AzB zur Berechnung der Schallausbreitung anzuwenden. Diese Verfahren sind klar und hinreichend in quasi normativer Weise beschrieben und durch Maßnahmen zur Qualitätssicherung nach DIN 45687 auch in beliebige Softwareprodukte integrierbar.

Neben der gewünschten an der physikalischen Wahrheit orientierten Genauigkeit kommt es dabei auch sehr auf die Sicherstellung einer ausreichenden Präzision bei der Anwendung durch unterschiedliche Personenkreise an. Insbesondere beim Vergleich mit Grenz- oder Richtwerten ist dies eine extrem wichtige Voraussetzung, da dieser Vergleich über die Zulässigkeit von gesamten Projekten entscheiden kann. Bei lauten Quellen und freier Ausbreitung, wie dies beim Fluglärm der Fall ist, muss eine Übereinstimmung von durch unterschiedliche Gutachter berechnete Pegel bis auf die zweite Stelle nach dem Komma in dB gewährleistet sein, damit eine Lagegenauigkeit der Lärmschutzbereiche von 5 m erreicht wird.

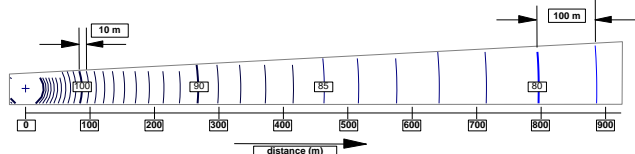


Abbildung 1: Abstandsabhängige Pegeländerung. Bei gewünschter Lagegenauigkeit der Linie eines bestimmten Schallpegels muss die Pegelbestimmung umso genauer erfolgen, je größer die Entfernung zur Quelle ist.

Die gewünschte Übereinstimmung mit der genannten Präzision ist aber in keiner Weise durch die Beziehungen Schallpegel - Lärmwirkungen gedeckt, denn Pegelunterschiede von dB-Bruchteilen sind selbstverständlich nicht hör- oder sonst wie erfahrbar.

Im Sinne dieser erforderlichen Präzision ist es auch hilfreich, wenn Berechnungsverfahren so einfach wie möglich gehalten werden, weil diese Transparenz die Präzision bei der Anwendung unterstützt und es erleichtert, die Gründe für unerwartete Berechnungsergebnisse zu entdecken. Je mehr diese Verfahren mit nur in Einzelfällen wesentlichen Details überladen werden, desto mehr „Stellschrauben“ zur Justierung der Ergebnisse gibt es und desto geringer wird die Präzision bei der Anwendung.

Das harmonisierte Berechnungsverfahren CNOSSOS-EU

Diese Aspekte spielen auch in der Diskussion um ein harmonisiertes Berechnungsverfahren (CNOSSOS-EU) eine erhebliche Rolle. Das entwickelte Berechnungsverfahren Harmonoise ist wesentlich komplexer und für den Anwender weniger transparent als die bisher im nationalen Bereich verwendeten Engineering-Verfahren wie ISO 9613-2, NMPB oder andere. Durch Arbeitsgruppen mit Experten, die von den Mitgliedsländern benannt worden sind, sollen nun die Entscheidungsgrundlagen erarbeitet werden, um bis Mitte 2011 im Rahmen einer „Implementation decision“ das in CNOSSOS-EU zu verwendende Berechnungsverfahren zur Schallausbreitung festlegen zu können.

Unabhängig davon, dass dieser Zeitdruck im Hinblick auf die Bedeutung dieser Entscheidung für völlig unangemessen gehalten wird, sollen einige Aspekte dieser Untersuchungen dargestellt werden. Wesentlicher Teil für die letztendliche Beurteilung ist ein Vergleich der 3 Berechnungsverfahren Harmonoise, NMPB 2008 und ISO 9613-2.

Die Bodenabsorption wird bei ISO 9613-2 und bei NMPB 2008 durch den Bodenfaktor G mit Werten von 0 bis 1 berücksichtigt. In Harmonoise wird der Direktschall mit der Bodenreflexion unter Berücksichtigung der Phasenbeziehungen und unter Einbeziehung des Konzepts der Fresnelzonen überlagert – für den Einfluss des Bodens wird somit dessen komplexe Impedanz benötigt. Diese wird aus dem Einzahlwert des Strömungswiderstands berechnet. Es ist offensichtlich, dass die Unsicherheiten dieser Ableitung von Real- und Imaginärteil der komplexen Bodenimpedanz aus der tatsächlich beobachtbaren Bodenoberfläche dem Verfahren zuzurechnen ist. Der Anwender des Verfahrens kennt nur diese beobachtbaren Größen, und deshalb sollen auch bei der Untersuchung der Genauigkeit keine weiteren, in der Praxis der Prognoseberechnung nicht mögliche Detailmessungen und Parameterjustierungen stattfinden.

Eine ähnliche Diskussion ergibt sich bei der Einbeziehung meteorologischer Ausbreitungsbedingungen. Mit Harmonoise werden gekrümmte Schallstrahlen in die Berechnung einbezogen, wobei der Krümmungsradius vom höhenbezogenen Temperaturgradienten abhängt. Nun liegt die Bestimmung des Temperaturverlaufs mit der Höhe ausserhalb der Möglichkeiten eines Gutachters, der eine Prognoseberechnung durchführen will. Deshalb wurden die meteorologischen Zustände grob klassiert und es werden Stabilitätsklassen S1 bis S5 verwendet, die sich aus dem Grad der Wolkenbedeckung ableiten. Wenn nun die Genauigkeit von Harmonoise als Engineering Verfahren in der praktischen Anwendung beurteilt werden soll, so sollten Schallmessungen mit exakt bekannter Quellenschallleistung durchgeführt werden, bei der aber genau diese klassierenden (wie S1 bis S5) und keine weitergehenden Informationen als Eingangsparameter verwendet werden.

Mit der Berechnung des von einer Punktquelle in unterschiedlichen Abständen verursachten Schalldruckpegels werden die 3 Verfahren im Hinblick auf freie Schallausbreitung verglichen. Für die Quelle wird das auf Straßenverkehr bezogene normierte Frequenzspektrum nach NMPB 2008 vorausgesetzt, und es wird der vom 4π Abstandsgesetz bereinigte A-Schallpegel dargestellt. Die entsprechenden Kurven zeigen somit den Einfluß von Boden, Meteorologie und Luftabsorption.

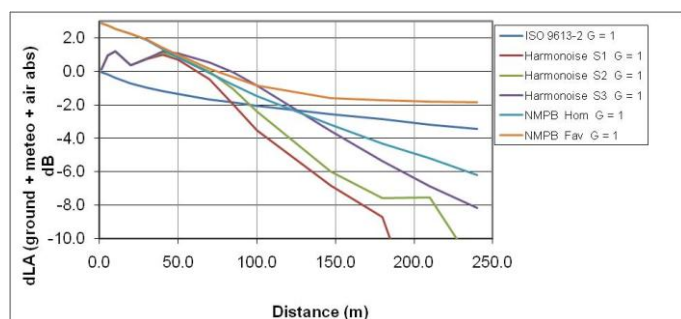


Abbildung 2: Einfluss von Boden, Meteorologie und Luftabsorption bei porösem Boden ($G=1$) nach den drei Verfahren. Höhe von Quelle und Empfänger 2 m.

Zum Vergleich von berechneten mit gemessenen Werten werden letztere ebenso auf das genannte Spektrum bezogen und normiert.

$$LA_{meas, norm}(r_i) = 10 * \lg \left(\sum_k (10^{(L_{meas}(k,r_i) - LW_{Source}(k) + LW_{ref}(k))/10}) \right) + 11 + 20 * \lg \left(\frac{r_i}{m} \right)$$

Durch Berechnung von Mittelwert und Standardabweichung von berechneten und gemessenen Werten kann die Genauigkeit des Rechenverfahrens für das gegebene Szenarion als Stichprobe quantifiziert und beurteilt werden.

Diese Untersuchungen werden auch auf komplexere Situationen mit Einfach- und Mehrfachabschirmung ausgedehnt. Schließlich werden auch Rasterkarten berechnet, deren Differenz wichtige Informationen zur relativen Beurteilung der einbezogenen Verfahren liefert.

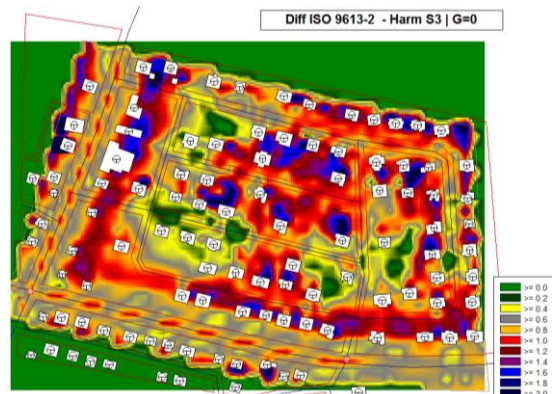


Abbildung 3: Kartierung der Pegeldifferenzen, die sich bei Berechnung mit ISO 9613-2 und Harmonoise (S3) ergeben.

Für die Untersuchungen nach dem Harmonoise Verfahren wurde ein von Dirk van Maercke, CSTB dem Harmonoise und Imagine Konsortium für diese Zwecke zur Verfügung gestelltes Programm-Modul PointToPoint.dll in das Programm CadnaA integriert und verwendet.

Über den Ausgang dieser Untersuchungen kann zu diesem Zeitpunkt noch nichts ausgesagt werden – die Herangehensweise ist auf jeden Fall ergebnisoffen. Harmonoise weist im Hinblick auf die 3 Bewertungskriterien Genauigkeit, Präzision und Transparenz (bzw. Nachvollziehbarkeit) bei den beiden letztgenannten in jedem Falle eine ungünstigere Beurteilung auf. Ein Vorteil wäre sicher die Möglichkeit, auch auf bestimmte meteorologische Situationen bezogene Berechnungen durchführen zu können. Aber hierzu sollte schon ein Nachweis erbracht werden, dass die auf klassierte Eingangsparameter bezogenen Berechnungen tatsächlich um so viel genauere Ergebnisse liefern, dass die genannten Nachteile ausgeglichen werden.

Es sollte aber in keinem Falle akzeptiert werden, dass das Berechnungsverfahren nur allgemein in Berichten des Harmonoise-Projekts beschrieben vorliegt und **nur** als Programm-Modul eingebunden und verwendet werden kann. Welches Verfahren auch letztlich zur Lärmkartierung eingeführt wird – es muss eindeutig, klar und mit möglichst wenig Spielraum für Interpretationen normativ beschrieben und somit der Diskussion unter den nationalen Experten zugänglich gemacht werden. Hierzu flankierend sind Methoden der Qualitätssicherung entsprechend DIN 45687 anzuwenden, um eine Einbettung in beliebige Softwareplattformen zu ermöglichen. Hierzu wurde im NALS-Beirat folgender Beschluss einstimmig gefasst:

Der Beirat stellt fest, dass Verfahren zur Berechnung und Prognose von Schallimmissionen, die im Rahmen gesetzlicher Regelungen zwingend anzuwenden sind, in Normen, Richtlinien oder in anderen hinsichtlich Nachvollziehbarkeit vergleichbaren Dokumenten offengelegt und für die Fachwelt eindeutig anwendbar dargestellt sein müssen. Der Beirat empfiehlt, in gesetzlich geregelten Bereichen nur Berechnungsverfahren anzuwenden, die bei der Implementierung in Software nach DIN 45 687 oder einer vergleichbaren Regelung oder Festlegung qualitätsgesichert werden können.