

Bidirektionale Schallausbreitungsmessungen mit Gaskanonen

Karl-Wilhelm Hirsch¹, Mattias Trimpop²

¹*Cervus Consult, Willich, Hirsch@cervus.de*

²*Institut für Lärmschutz, Düsseldorf, MTrimpop@ifl-acoustics.de*

Einleitung

Die Prognose von Schallpegeln im Freien ist wesentlicher Bestandteil vieler Lärm-Beurteilungsverfahren. In den einschlägigen Regelwerken unterscheiden sich allerdings die Verfahren zur Berechnung der Schallausbreitung von Lärmart zu Lärmart. Dies ist unter einigen Aspekten sachgerecht, weil wegen des Vorwissens über die Quelle und die Ausbreitungssituation Schallausbreitungsphänomene vernachlässigt werden dürfen. Unter anderen Aspekten ist dies aber nicht sinnvoll und nicht vermittelbar, wenn dieselben Phänomene unterschiedlich beschrieben werden.

Die zu erarbeitende VDI Richtlinie 4101 verfolgt das langfristige Ziel, die Phänomene der Schallausbreitung im Freien, losgelöst von der Art der Quelle und dem Zweck der Prognose einheitlich zu beschreiben. Die VDI 4101 geht damit einen Schritt weiter als die EU, die sich schon seit geraumer Zeit um eine – allerdings immer noch lärmartabhängige - Harmonisierung bemüht. Eine weiteres Ziel in der VDI 4101 ist es, nicht nur Langzeit-Mittelungspegel für schallausbreitungsgünstige Bedingungen zu prognostizieren, sondern auch weitere Indikatoren der Pegelverteilung in Abhängigkeit von allgemeinen Schallausbreitungsbedingungen einzubeziehen.

In Anbetracht der in aller Regel auf Mittelwerte und Mitwindlagen fokussierten Untersuchungen in der Literatur ist die Datenbasis von Messwerten für andere Windlagen eher dünn. Im Rahmen eines themenverwandten Forschungsprojektes sind Messwerte angefallen, die im Zusammenhang mit der Entwicklung eines vereinheitlichten Schallausbreitungsmodells genutzt werden können, Ansätze zu validieren und zu optimieren. Die im Folgenden vorgestellten Ausbreitungsmessungen sind für die oben beschriebene Zielsetzung aufbereitet worden.

Pegelprognosen für die Lärmbeurteilung

Die Zielgröße von Pegelprognosen in den einschlägigen lärmartbezogenen Normen, Richtlinien oder Verordnungen ist in der Regel ein zeit- und frequenzbewerteter Langzeit-Mittelungspegel für die sogenannte günstige Schallausbreitungssituation. „Günstig“ in diesem Sinn, dass diese Situation zu den höchsten Pegeln führt. Diese Pegel sind dann im Wesentlichen das einzige Maß für die messtechnische oder prognostisch bestimmbare Lärmbelastung und gleichzeitig Ausgangspunkt für die Lärmbeurteilung. Auf der Basis dieses Pegels stellt die Lärmwirkungsforschung mit objektivierbaren Methoden eine Beziehung zur Lärmbelastung her, die sich dann in den Beurteilungsverfahren in Festlegungen von Kennzeichnungszeiten und statischen Zuschlägen niederschlagen. Die so bestimmten Beurteilungspegel werden dann mit einem Richtwertsystem verglichen und zur Beurteilung einer Lärmsituation herangezogen werden.

Diese oben grob beschriebene Methode ist wenig geeignet, ein modernes Lärmmanagement zu gestalten; also ein Verfahren, das darauf abzielt, durch organisatorische Maßnahmen dynamisch in den lärmindernd in den Betriebsablauf einzugreifen. Dies kann z.B. dazu führen, dass ein lauter Betrieb vorzugsweise dann durchgeführt wird, wenn eine ungünstige Schallausbreitungssituation zu den Immissionsorten vorliegt,[1]. Voraussetzung für ein Lärmmanagement sind deshalb Schallausbreitungsmodelle, die sich vom Kalkül des Langzeit-Mittelungspegels lösen und in Abhängigkeit von Wetterbeobachtungen beliebige Schallausbreitungssituation vorhersagen können.

Eine weitere Schwäche der Methode liegt in der von vorneherein in die Methodik eingeführte Beschränkung auf einen Einzahlwert zur Kennzeichnung der Lärmbelastung. Dabei findet eine Prognose der Unsicherheit entweder nicht statt oder wird so pauschalisiert angegeben, dass der Nutzen einer Berücksichtigung bzw. der Diskussion von Unsicherheiten kaum zu erkennen ist. Eine Ursache dafür kann auch darin gesehen werden, dass ein allgemeines Vorwissen über die Schwankungen und die Spannweite von Schallpegeln in Abhängigkeit von Wetterlagen nur unzureichend vorhanden ist bzw. sich in der Regel auf die Mitwindsituation beschränkt, die als Synonym für eine schallausbreitungsgünstige Situation verstanden wird.

Es soll noch vorausgeschickt werden, dass allein der Begriff der Unsicherheit im Zusammenhang mit Messungen und Prognosen der Schallausbreitung im Freien schon fehlleiten kann. Beispielsweise verlangt die VDI 3745 [2] bei der Ermittlung der Beurteilung von Schießlärm durch Schießen mit Handfeuerwaffen, dass zur Bestimmung des Mittelungspegels für jede Emissionssituation mindestens drei, im Hinblick auf die Wettersituation unabhängige Messungen unter Mitwindbedingungen durchgeführt werden müssen. Dabei definiert die Richtlinie die Mitwindsituation über einen zulässigen Windrichtungssektor und einen zulässigen Windschwändigkeitsbereich. Die Anzahl der je Messreihe aufzunehmenden Einzelereignispegel wird über die Schwankungsbreite Pegel der Messserie selbst bestimmen. Diese Bestimmung suggeriert, dass der Mitwindpegel umso weniger unsicher bestimmt werden kann, je weniger er momentanen Schwankungen unterliegt. Diese Schwankungen bzw. die Varianz ist aber eher charakteristisch für die momentane Mitwindsituation bzw. für die Wetterlage allgemein. In [3] wird auf der Basis einer Langzeitmessung gezeigt, dass aus einer Varianz von 5 dB geschlossen werden darf, dass es sich um eine schallausbreitungsgünstige Situation handelt. Zu einer Varianz von 15 dB gehört eher eine schallausbreitungsgünstige Situation. Keinesfalls ist deshalb der mit geringer Unsicherheit bestimmte Mittelungspegel ein zuverlässiges Maß für den eigentlich gesuchten Langzeit-Mittelungspegel bei schallausbreitungsgünstigen Bedingungen. Die Messvorschrift in der VDI 3745 ist nach heutigem Wissensstand nicht die zuverlässigste Methode zur Bestimmung des Langzeitpegels.

Im Rahmen von Untersuchungen zum Einfluss von Waldstücken auf die Schallausbreitung sind Messwerte angefallen, die auch losgelöst vom Zweck dieser Untersuchungen dazu dienen können, ganz allgemein die Schallausbreitung im Freien exemplarisch zu kennzeichnen. Die im folgenden vorgestellte Messreihe ist dabei nicht repräsentativ, sondern soll nur ein Schlaglicht auf die allgemeine Problematik werfen und dazu anregen, Messungen im Freien nicht nur unter Mitwindbedingungen durchzuführen und insbesondere die Schwankungsbreite mit zu bestimmen, um langfristig die Datenbasis zu verbreitern.

Pfadvergleichsmessungen

Zur Messung des Einflusses von Waldstücken auf die Schallausbreitung wurden bidirektionale Pfadvergleichsmessungen durchgeführt. Bei dieser Messmethode wird die Schallausbreitung auf zwei nah benachbarten, gleichgerichteten und gleich bestückten Pfaden alternierend in beide Richtungen bestimmt. Einer der beiden Pfade führt über das Waldstück, der andere, der Referenzpfad, führt über freies Gelände. Die Pfade sind typisch 1 km lang und bieten Mess-

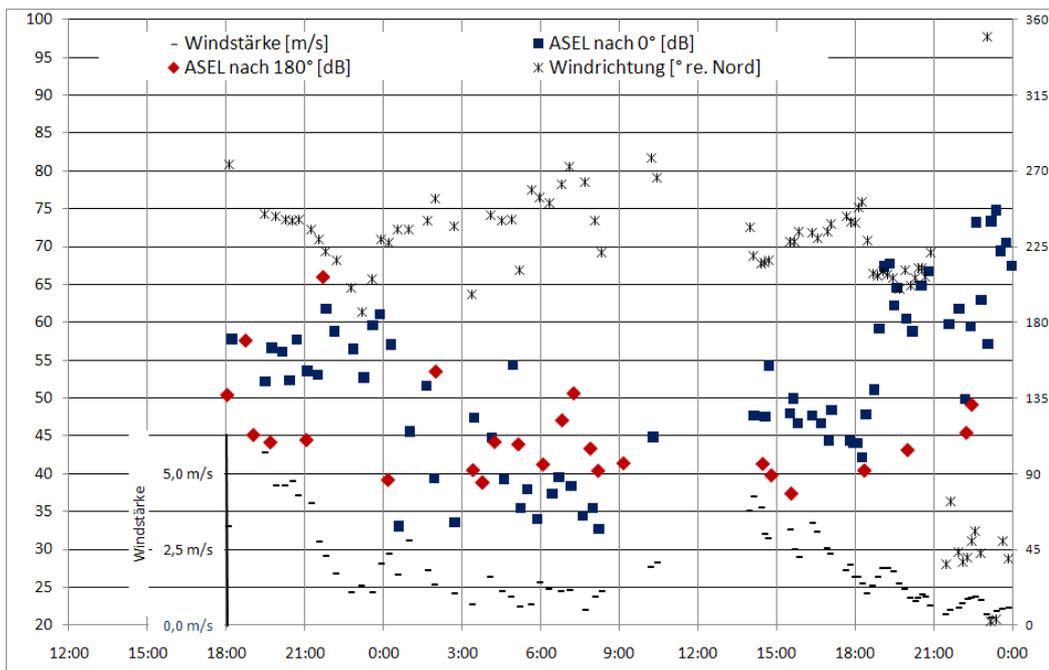


Abbildung 1 Einzelereignispegel ASEL (linke Achse), Windrichtung (rechte Achse) und -stärke über 30 Stunden
Messabstand 800 m, Quellhöhe 2 m, Messhöhe 4 m, streifend

positionen in 50 m (Referenzmessung) bis ca. 1 km Quellabstand je nach Länge der Pfade. An jeder Messposition werden die Schallsignale in 4 m Höhe und 0 m (auf dem Boden aufgelegtes Mikrofon) in streifendem Einfall gemessen. Der Einfluss des Waldstückes folgt dann aus dem Vergleich der Ergebnisse auf beiden Pfaden. Über die Ergebnisse dieser Untersuchung im Hinblick auf die Walddämpfung wird an anderer Stelle berichtet.

Als Schallquellen dienen Propangaskanonen, die vorzugsweise landwirtschaftlich zum Vertreiben von Vögeln verwendet werden. Diese Kanonen liefern hinreichend reproduzierbar einen breitbandigen Knall mit einem Quellenergiepegel von 131 dB (± 1 dB) bei einem typischen Weber-Knallspektrum mit einem Energieschwerpunkt in der 315 Hz-Terz und damit ein hinreichend großes Ausgangssignal zwischen 50 Hz und 800 Hz. Bei einer Pfadvergleichsmessung werden 4 Kanonen, jeweils im Anfangs- und Endbereich der beiden in einem festgelegten Rhythmus automatisch über Tage betreiben. Es ergeben sich deshalb Messreihen, die in einem Zeittakt von ca. 15 Minuten in beiden Richtungen die momentane Schallausbreitung erfassen. Parallel zu den akustischen Messungen dokumentiert eine SODAR/RASS Station, ein Ultraschall-Anemometer und eine handelsübliche Wetterstation die jeweils herrschende Wetterbedingung.

Messergebnisse

Abbildung 1 zeigt einen Ausschnitt von 30 Stunden im September auf einem bidirektionalen Messpfad, der in Nord-Süd-Richtung ausgerichtet ist. Der Boden ist mit Heide/Gras zu beschreiben. Das Gelände ist nahezu eben. Die Windrichtung 0° bzw. 180° ist jeweils Mitwind- bzw. Gegenwindrichtung für die Schallausbreitung. Der Messabstand beträgt ca. 800 m, die Messhöhe 4 m und die Quellhöhe 2 m. Zunächst ist festzustellen, dass in Anbetracht der Pegelspannweite die Unsicherheiten des Abstandes, der Quelleigenschaften und der akustischen Messkette völlig außer Acht gelassen werden können. Diese Rahmenbedingungen können sich gar nicht so ändern, dass sie sich in den Pegelschwankungen signifikant niederschlagen werden. Dies soll hier nicht als Argument für Nachlässigkeiten bei der Dokumentation der Messung stehen, aber doch deutlich machen, dass es bei der Messung im Freien auf etwas anderes bzw. auf mehr ankommt, z.B. auf den Zeitpunkt des letzten Niederschlags.

Zu Beginn des hier gewählten Zeitabschnitts, von 18 Uhr bis 0 Uhr dreht der Wind schwächer werdend von West auf südliche Richtung, von Querwind auf Mitwind für die Messwerte nach 0° bzw. Gegenwind für die Messreihe nach 180°. In diesem Bereich sind die Pegel nach 0° um ca. 10 dB höher als die Pegel nach 180°. Beide Pegel fallen signifikant um ca. 5 dB. In dem Zeitabschnitt von 0 Uhr bis 6 Uhr dreht der Wind wieder zurück; aber – obwohl nun im Hinblick auf die Windparameter ununterscheidbar dieselben Verhältnisse vorliegen – liegt das Pegelniveau nun insgesamt um ca. 5 dB niedriger; Die Pegel nach 0° brechen aber um 25 dB

ein, um sich mit auffrischendem Wind im Nachmittag des nächsten Tages bei gleicher Windrichtung wieder im 20 dB zu erhöhen. Am Ende der Messperiode dreht der Wind auf Nordost. Die Pegel nach 0° erreichen ihr Maximum, das knapp 30 dB über dem Pegel der letzten Nacht liegt und das bei nördlichen Winden, also bei Gegenwind.

Es wäre nach VDI 3745 regelform, sich Bereiche aus den Messwerten herauszusuchen, in denen entweder in der einen oder anderen Richtung die Mitwindbedingung erfüllt ist. Die Bestimmung eines Mittelungspegels für die Mitwindsituation grenzt beinahe an Beliebigkeit. Wenn man daraus eine Beurteilung ableiten würde und über den Vergleich mit einem Richtwert eine maximal zulässige Schusszahl bestimmt und daraus dann Auflagen für den Betrieb der Schießanlage ableitet, ist die Wirtschaftlichkeit der Schießanlage unkalkulierbar, da eine Messung nach VDI 3745 nur nach dem Bau erfolgen kann. Man kann daraus nur den Schluss ziehen, dass die Messvorschrift der VDI 3745 nicht problemgerecht ist.

Zusammenfassung

Die hier nur exemplarisch diskutierte, bidirektionale Schallausbreitungsmessung für Knallimpulse offenbart Schwächen bei der Immissionsmessung nach VDI 3745. Die Messungen unterstreichen die Zielsetzungen bei der Erarbeitung der VDI 4101. Sie zeigen aber auch gleichzeitig die Probleme auf, die bei der Validierung von Schallausbreitungsmodellen auftreten werden, die nicht nur auf die günstige Schallausbreitungssituation abzielen, sondern auch andere Bedingungen prognostizieren sollen.

Verweise

- [1] Hirsch, K.-W.; Vogelsang, B.: "Kooperatives Lärmmanagement – Ein Verfahren zur Optimierung des Immissionsschutzes", Lärmbekämpfung Bd. 3 (2008) Nr. 1 – Januar
- [2] VDI 3745 Blatt 1: Beurteilung von Schießgeräuschen. Berlin: Beuth-Verlag 1993
- [3] Hirsch, K.-W.: "Zur Objektivierung der Pegelprognose in Modellen der Schallausbreitung tieffrequenter Knalle über große Entfernungen", Fortschritte der Akustik DAGA '95; DPG GmbH Bad Honnef 1995 S.447-450