

## Bereitstellung von Ersatzschallquellen für den LeitGeStand

Mattias Trimpop, Jürgen Zangers

Institut für Lärmschutz GmbH, 40489 Düsseldorf, E-Mail: mail@ifl-acoustics.de

### Einleitung

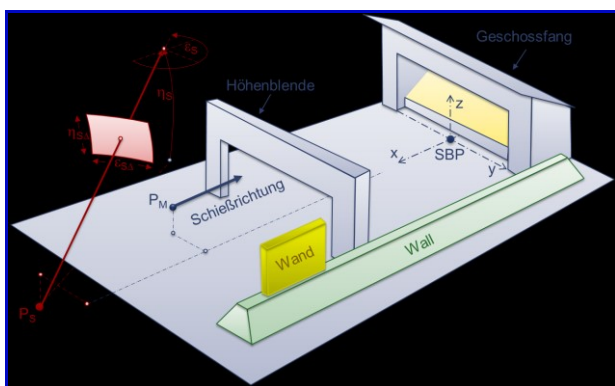
In dem durch die Länderarbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI) herausgegebenen „Leitfaden für die Genehmigung von Standortschießanlagen – LeitGeStand“ [1] wird ein Verfahren empfohlen, mit dem Schießgeräusche mit Hilfe eines technischen Modells durch Prognose bestimmt werden können. Teil dieses Modells ist die Verwendung einer Ersatzschallquelle, die aus einer Vielzahl von einzelnen Teilersatzschallquellen besteht.

Die Ersatzschallquelle stellt die Gesamtheit der aus einem den Nahbereich der eigentlichen Schallquelle umfassenden Bereich kommenden Schallenergie dar. Dieser Nahbereich umfasst sowohl die Schallquelle selbst als auch alle akustisch wirksamen Elemente auf der Schießstandanlage. Bei Schießständen sind das maßgeblich die seitlichen Wälle oder Begrenzungswände, die Höhenblenden und der Geschossfang.

Die Berechnung der Schallausbreitung im Nahbereich ist im Leitfaden nicht festgelegt; hier wird lediglich auf geeignete Berechnungsverfahren verwiesen. Festgelegt ist jedoch das Format der Ersatzschallquelle, so dass die Ergebnisse anderer Berechnungsverfahren zunächst in dieses Format konvertiert werden müssen.

### Die Ersatzschallquelle im LeitGeStand

In der Regel wird eine Ersatzschallquelle nach LeitGeStand durch eine Vielzahl von Teilersatzschallquellen dargestellt. Diese Teilersatzschallquellen repräsentieren jeweils eine raumwinkelbegrenzte und bandbegrenzte Punktschallquelle.



**Abbildung 1:** Skizze eines Schießstandes mit grundlegenden Elementen und Kennzeichnung der geometrischen Eigenschaften einer Teilersatzschallquelle.

Jede Teilersatzschallquelle wird durch folgende Kenngrößen vollständig beschrieben:

- Frequenzband
- Quellenergiepegel  $L_q$  nach DIN EN ISO 17201-1

- Horizontalwinkel  $\epsilon_S$  (Winkel gegen die Ebene  $z = 0$ )
- Vertikalwinkel  $\eta_S$  (Winkel gegen die Ebene  $y = 0$ )
- Horizontaler Öffnungswinkel  $\epsilon_{SA}$  des Raumwinkels
- Vertikaler Öffnungswinkel  $\eta_{SA}$  des Raumwinkels
- Zeitverzögerung  $t_S$  (rel. zum Zeitpunkt des Schusses)
- Maximale Zeitverzögerung  $t_{S,max}$
- Minimale Zeitverzögerung  $t_{S,min}$
- Ablage des Quellortes  $x_S$  der Teilersatzschallquelle  $P_S$  in x-Richtung
- Ablage des Quellortes  $y_S$  der Teilersatzschallquelle  $P_S$  in y-Richtung
- Ablage des Quellortes  $z_S$  der Teilersatzschallquelle  $P_S$  in z-Richtung

Für Teilersatzschallquellen, die aus einem direkten Schallweg von der Quelle oder durch Reflexionen entstehen, ergibt sich eine spezifische Zeitverzögerung  $t_S$ . Die Zeitverzögerung wird relativ zum Zeitpunkt des Schussereignisses angegeben. Werden mehrere Teilersatzschallquellen mit unterschiedlichen spezifischen Zeitverzögerungen zusammengefasst, so wird statt der spezifischen Zeitverzögerung die maximale und minimale Zeitverzögerung verwendet. Je nach Ausbreitungsmodell ist dieses bei Beugungseffekten sinnvoll, um die Anzahl der Teilersatzschallquellen zu reduzieren.

Der von den Beugungskanten gebeugte Schall wird in sogenannten Beugungsersatzschallquellen „kantenspezifisch gesammelt“.

Es ergibt sich für jedes Frequenzband eine bandspezifische Liste von Teilersatzschallquellen, weil einerseits die oktavspezifische Quellenergie der Quelle in der Regel unterschiedlich ist und andererseits bei der wellenlängenabhängigen Beugung jeweils unterschiedliche Teilersatzschallquellen erzeugt werden.

### Das Konvertierungsverfahren

Ein geeignetes Verfahren zur Berechnung der Ersatzschallquellen ist das für Schießlärm entwickelte energiebasierte Ausbreitungsmodell, welches in der Programmsuite „PROPPER“ [2,3] implementiert ist. Die Ausbreitungsrechnung in PROPPER<sup>®</sup> geschieht in zwei Schritten: Zunächst wird im Nahbereich der Schießanlage unter Berücksichtigung aller schallrelevanten Flächen die Schallausbreitung einer Schallquelle berechnet. Die Schallausbreitungsrechnung wird beendet, sobald die Strahlen eine bestimmte Grenze um die Anlage herum verlassen haben. Aufgrund der kurzen Entfernungen

(typischerweise unter 200 m) wird mit einer homogenen, ruhenden Atmosphäre gerechnet.

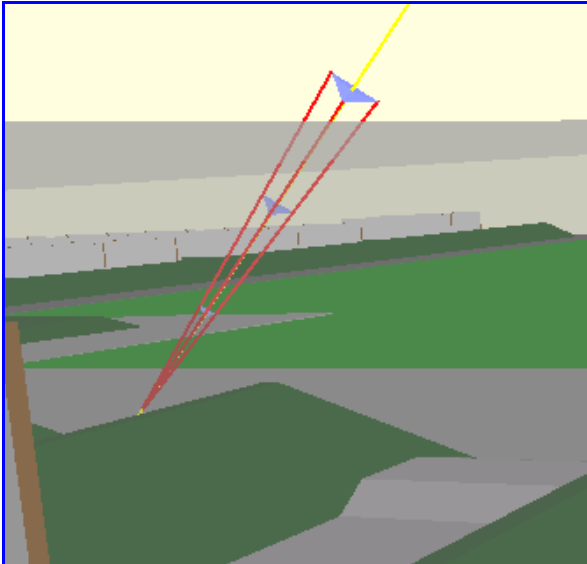


Abbildung 2: Zelt beim Verlassen der StOSchAnl.

Die daraufhin folgende Schallausbreitung in PROPPER<sup>®</sup> erfolgt dann über eine ebene Fläche ohne Hindernisse, jedoch unter Berücksichtigung eines höhenabhängigen Temperatur-, Feuchte- und Windfeldes. Dieser zweite Teil der Ausbreitung beruht auf dem „ray-tracing“-Verfahren nach Pierce [4] und kann entgegen der DIN ISO 9613-2 [5] auch kurzzeitige Wetterbedingungen berücksichtigen. Insbesondere setzt es keinen konstanten Krümmungsradius der Strahlen voraus. Dieses wurde in [6] und [7] untersucht und dokumentiert. Über eine geeignete Wahl der Wetterbedingungen kann auch eine Ausbreitungsrechnung unter Mitwindbedingungen gemäß VDI 3745 Bl.1 berechnet werden.

Die nach dem ersten Ausbreitungsschritt vorhandene Situation der Schallstrahlen kann verwendet werden, um die Ersatzschallquelle nach LeitGeStand zu ermitteln. Das in dem ersten Ausbreitungsverfahren verwendete Verfahren arbeitet mit Dreiecken, die schrittweise ausgebreitet werden. Bei der Ausbreitungsrechnung entstehen dann daraus Dreiecksstrahlen. Um diese Dreiecksstrahlen in die für die Teilersatzschallquelle nötigen Rechteckstrahlen zu konvertieren, werden folgende Schritte für alle Dreiecksstrahlen durchgeführt:

1. Die Öffnungswinkel der Teilersatzschallquellen werden auf bestimmte Sektorgrenzen beschränkt. Dieses ergibt gleiche horizontale und vertikale Öffnungswinkel für alle Teilersatzschallquellen.
2. Zu jedem Dreiecksstrahl wird für jeden davon betroffenen Sektor einer Ersatzschallquelle eine Teilersatzschallquelle mit gleichem Quellpunkt erzeugt.

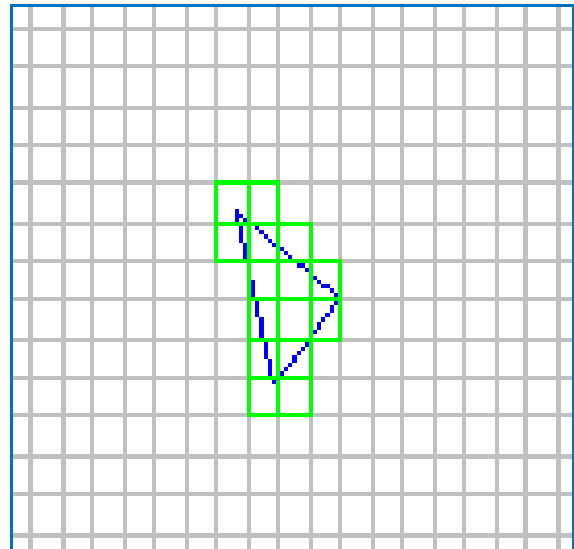


Abbildung 3: Stirndreieck eines Zeltes im Sektorenraaster.

3. Die neue Teilersatzschallquelle erhält proportional zum Schnittflächenanteil einen entsprechenden Anteil der Quellenergie des ursprünglichen Dreieckstrahls.
4. Die spezifische maximale und minimale Zeitverzögerung der Teilersatzschallquelle als auch die Frequenz werden aus den Parametern des zugrundeliegenden Dreieckstrahls übernommen.
5. Alle Teilersatzschallquellen mit gleicher Frequenz, Horizontalwinkel, Vertikalwinkel, Zeitverzögerung und Quellort werden zu einer Teilersatzschallquelle zusammengefasst. Die Quellenergie dieser Teilersatzschallquelle ist die Summe der einzelnen zu dieser Teilersatzschallquelle beitragenden Teilersatzschallquellen.

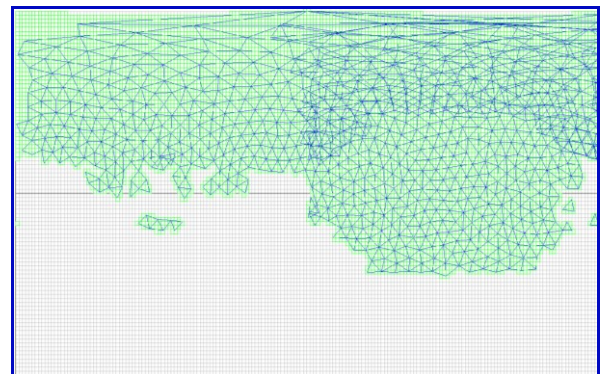


Abbildung 4: Beispiel einer Darstellung der Teilersatzschallquellen einer Ersatzschallquelle im Sektorenraaster.

Damit sind alle für die Teilersatzschallquellen nötigen Parameter ermittelt. Dieses Konvertierungsverfahren lässt sich aufgrund seiner einfachen Struktur auch für andere Ausbreitungsmodelle verwenden.

Wie die weitere Ausbreitungsrechnung und Beurteilung der Schieblärmimmissionen nach LeitGeStand durchgeführt wird, ist u.a. in [8] dargestellt.

## Zusammenfassung

Mit dem hier beschriebenen Konvertierungsverfahren kann eine Ersatzschallquelle mit Dreiecksstrahlen oder auch anderen Geometrien in die nach LeitGeStand geforderten Teilersatzschallquellen konvertiert werden.

Mit dem LeitGeStand liegt nun ein Leitfaden vor, der sowohl die allgemeinen Merkmale des Schieblärms [9] als auch die Besonderheiten des militärischen Schieblärm [10] berücksichtigt.

Dieses Verfahren gibt der Genehmigungsbehörde einen Leitfaden an die Hand, mit dem nun Beurteilungsprognosen für Schieblärm nach TA-Lärm durchgeführt werden können.

Die Berechnung der im Verfahren nötigen Ersatzschallquelle hat mit einem nicht näher spezifizierten Verfahren zu erfolgen.

Anhand des für Schieblärm entwickelten Programmes PROPPER<sup>®</sup> wurde gezeigt, wie die Ergebnisse eines solchen spezialisierten Verfahrens in die für die weitere Ausbreitungsrechnung nach LeitGeStand nötigen Teilersatzschallquellen konvertiert werden können.

## Literatur

- [1] LAI Schallimmissionsschutz an Schießständen; Leitfaden für die Genehmigung von Standortschießanlagen (LeitGeStand), Version 0.96  
URL: <http://www.lai-immissionsschutz.de>
- [2] Zangers, J.; Hirsch, K.-W.: „Ray-Tracing in einem 3-D Wind-Vektor-Feld zur Vorhersage von Schieblärm“, Fortschritte der Akustik, DAGA 2005, München
- [3] Zangers, J.; Hirsch, K.-W.: „Eine 3D-Ersatzschallquelle für komplexe Schießstände“, Fortschritte der Akustik, DAGA 2007, Stuttgart
- [4] Pierce, A. D.: Acoustics: “An Introduction to Its Physical Principles and Applications”, Acoustical Society of America, Woodbury, New York, 1989, 371 ff.
- [5] DIN ISO 9613-2:1999-10: Dämpfung des Schalls bei der Ausbreitung im Freien
- [6] Zangers, J.; Trimpop, M.; Vogel, J.: „Prognostizierte und gemessene Wirksamkeit von baulichen Schallschutzmaßnahmen in komplexen Szenarien“, Fortschritte der Akustik, DAGA 2010, Berlin
- [7] Zangers, J.; Trimpop, M.; Wiedemann, B.; Vogel, J.: „Messung und Prognose von Immissionspegeln an ausgewählten Orten in der Umgebung einer Standortschießanlage“, Fortschritte der Akustik, DAGA 2015, Nürnberg
- [8] Hammelmann, F.; Hirsch, K.W.: „LeitGeStand in der Praxis: Erste Erfahrungen mit dem Leitfaden der LAI“, Fortschritte der Akustik, DAGA 2016, Aachen

[9] Hirsch, K.-W.: „Zur Vorausberechnung von Schieblärmgeräuschen mit der Norm DIN ISO 9613; Eine systematische Methodenkritik“, Zeitschrift für Lärmbekämpfung Bd. 8 (2013) Nr.3 Mai S. 108 – 117

[10] Trimpop, M.: „Impulszuschlag der VDI 3745 bei militärischem Schieblärm“, Fortschritte der Akustik, DAGA 2015, Nürnberg

Diese Untersuchungen werden durch das Bundesministerium der Verteidigung und das Bundesamt für Infrastruktur, Umweltschutz und Dienstleistungen der Bundeswehr gefördert.