

Zur bestmöglichen Schätzung der zu erwartenden Schallemission von Waffenknallen bei unvollständigen Quell- und Referenzdaten

K.-W. Hirsch, M. Trimpop, Institut für Lärmschutz, Düsseldorf

Einführung

Bei der Prognose von Schießlärm stellen sich vier Herausforderungen:

- Die Entwicklung eines Knallausbreitungsmodells (Quellbeschreibung, Beschreibung der Ausbreitungsphänomene hochenergetischer, kohärenter Knallimpulse)
- Die Beurteilung von Schießlärm (Impulszuschläge, sachgerechte Kennzeichnungszeiten, Berücksichtigung seltener Ereignisse)
- Die Erfassung der Betriebsdaten einer Schießanlage (Viele Übungsszenarien, Flächenverteilung der Quellen bei großen Anlagen, breit gefächerter Waffenszenario)
- Die Ermittlung bzw. Zuordnung von Quelldaten (frequenzabhängige Quellstärke und Richtwirkung der Vielzahl benutzter Waffen und Munitionen)

In der nationalen und internationalen Lärmforschung stehen die ersten beiden Herausforderungen im Zentrum des Interesses. Gegenstand der Untersuchungen ist in der Regel der Einzelschuss, seine Ausbreitung und seine Beurteilung. Bei den Bemühungen, eine Gesamtbelastung durch Schießlärm in der Umgebung einer Anlage zu berechnen, treten die beiden letztgenannten Herausforderungen in den Vordergrund. Dies hat einen wesentlichen Grund: Während bei vielen anderen Lärmarten die Schallquelle einheitlich beschrieben werden kann oder beschrieben wird, gibt es beim Schießlärm eine sehr große Bandbreite verschiedener Waffen und Munitionen und drei grundsätzliche Knallquellen, den Mündungsknall, den Geschossknall und – bei vielen militärischen Waffen – den Explosionsknall beim Schießen mit Explosivgeschossen.

Beim Verkehrslärm beispielsweise reicht es aus, die Fahrzeugflotte durch eine einzige, ungerichtete Quelle zu beschreiben. Im Gegensatz dazu gibt es allein beim Kaliber Winchester .300 mehr als 20 unterschiedliche Munitionen, deren Quellstärke des Mündungskalles sich um mehrere dB unterscheiden können und deren Richtcharakteristik zusätzlich von der Konstruktion der Waffe abhängen kann. Die Spektren der Quellstärke können sehr unterschiedlich sein; die Richtcharakteristik eines Mündungskalles kann nahezu ‚rund‘ sein oder aber Differenzen von mehr als 10 dB zwischen vorne und hinten aufweisen. Diese Richtcharakteristik kann bei militärischen Waffen zusätzlich auch von dem Waffensystem und den spezifischen Aufbauten abhängen, von dem die Waffe abgefeuert wird.

Im Gegensatz zu vielen anderen Lärmarten kommt bei Schießlärm also der Erfassung der Betriebsdaten (welches Waffenszenario wurde wann tatsächlich eingesetzt) und der Zuordnung zu den sehr unterschiedlichen Quelldaten (Quellstärke und Richtcharakteristik) eine entscheidende Bedeutung im Hinblick auf eine zuverlässige Schießlärmprognose zu. Deshalb ist die Betriebsdatenerfassung und die Ermittlung der Quelldaten eine nahezu ebenbürtige Herausforderung zur Beschreibung der Schallausbreitung und der Beurteilung.

Die Praxis zeigt einerseits, dass die Betriebsdaten entweder so unspezifiziert oder gerade so spezifiziert vorgegeben werden, dass dafür keine Quelldaten vorliegen. Die Praxis zeigt andererseits, dass die Quelldaten für die Vielzahl der Waffen und Munitionen nicht alle vermessen werden können. Entscheidend für die Qualität der Prognose ist dann die sachgerechte Zuordnung von Quelldaten zu diesen Angaben, also die Antwort auf die Frage nach der Ähnlichkeit von Waffen und Munitionen für den Mündungs-, Geschoss- und gegebenenfalls Explosionsknall.

Im Folgenden wird ein Verfahren für Mündungs- und Explosionsknalle vorgestellt, das diese Frage mit Hilfe einer Datenbank und eines optimierten Knall-Codes beantwortet. Dieses Verfahren erfüllt die Randbedingung, dass es immer eine Antwort (Quellstärke und Richtcharakteristik) liefert, auch wenn die Eingangsdaten sehr ungenau sind (z.B. 300 Schuss ‚Pistole‘).

Die Waffendatenbank

Weder im zivilen noch im militärischen Bereich gibt es ein Bezeichnungssystem für Waffen und Munitionen, das diese eindeutig kennzeichnet. Es ist also nicht nur die ‚Sprachbarriere‘ zwischen Akustikern und Schützen, die häufig zu falschen Zuordnungen führt, sondern ein Fehlen von Eindeutigkeit in der Sache. Die erste Aufgabe einer Waffendatenbank (die hier auch das Waffensystem und die Munition erfasst) ist daher die Bereitstellung einer einheitlichen Bezeichnung, die im folgenden Waffen-Code genannt wird.

Der Aufbau dieses Waffen-Codes ist der entscheidende Schlüssel, die Daten später so aufzubereiten, dass die Zuordnung von akustischen Quelldaten möglich wird. Der Waffen-Code besteht aus Teil-Codes, siehe Tab. 1. Die Codes können aus Buchstaben und Zahlen bestehen. Enthält der Code die Tilde ‚~‘, hat der Code eine besondere Bedeutung. Hier sollen nur die beiden wichtigsten erläutert werden:

Sonder-Code ‚~NON‘ = ‚fehlt‘

Mit Hilfe des Sonder-Codes ‚fehlt‘ wird z.B. in IgnJ-Code gekennzeichnet, dass das Geschoss kein Explosivgeschoss ist, also im Ziel keinen Explosionsknall verursacht. Ebenso kann der IgnP-Code auf ‚fehlt‘ gesetzt werden, um eine Handgranate zu beschreiben, die keinen Mündungsknall besitzt, aber einen Explosionsknall im Ziel. Es wird durch diese Codierung also nicht nur erreicht, dass die Knalle eindeutig gekennzeichnet werden, sondern auch die Zuordnung zu den Orten, wo sie entstehen.

Sonder-Code ‚~‘ = ‚Referenz‘

Einträge mit diesen Teil-Codes kennzeichnen bestimmte Gruppenbildungen und erlauben das Zuweisen von Eigenschaften zu diesen Gruppen. Beispielsweise benennt ein Waffen-Code, bei dem der gesamte Munitions-Code auf ‚Referenz‘ gesetzt ist, allein die Waffe. Zu diesem Code werden akustische Quelldaten zugeordnet, die dann gelten, wenn über die Munition nichts bekannt ist. Entsprechend bedeutet ein Waffen-Code, bei dem der Weap-Code und der Syst-Code auf ‚Referenz‘ gesetzt ist, dass hier Ersatzdaten für die Munition zugeordnet sind, unabhängig davon, aus welcher Waffe sie abgefeuert wird. Durch das Einsetzen dieses Sonder-Codes in nur einzelnen Teil-Codes lassen sich so sehr flexibel Knall-Codes mit entsprechenden Bedeutungen einrichten.

| | | Code | Länge | Beschreibung |
|------------|----------------|------|--------|---------------------------------|
| Knall-Code | Waffen-Code | Syst | 4 Byte | Waffensystem |
| | | Weap | 4 Byte | Waffe |
| | Munitions-Code | Prop | 4 Byte | Treibladung |
| | | Proj | 4 Byte | Geschoss |
| | | IgnP | 4 Byte | Treibladungsbezünderung |
| | | IgnJ | 4 Byte | Geschossbezünderung |
| | | Accu | 4 Byte | Knallart, Pegeltyp, Datenquelle |

Tab. 1: Aufbau des Waffen-Codes zur eindeutigen Kennzeichnung einer Knallquelle

‚Akustische Klasse‘

Auf der Basis dieses Waffen-Codes wurde eine relationale Datenbank entwickelt, die alle Attribute von Waffen und Munitionen und ihre Beziehungen untereinander speichert. Abb. 1 zeigt die wichtigsten Tabellen und Beziehungen in dieser Datenbank.

Für die Zuordnung bzw. das Auffinden von sachgerechten Quelldaten für die Knalle ist die Tabelle ‚Akustische Klasse‘ von besonderer Bedeutung. Die ‚akustische Klasse‘ verbindet die akustische Energie bzw. den akustischen Pegel mit der umgesetzten Explosivstoffmenge. Nach /1/ besteht eine grobe Korrelation zwischen den Kenngrößen dieser beiden Kategorien. Die Klassen teilen die Achse der Explosivstoffmasse logarithmisch, jeweils drei Klassen teilen dabei eine Dekade. Typische Handfeuerwaffen (deren Knalle nach TA Lärm bzw.

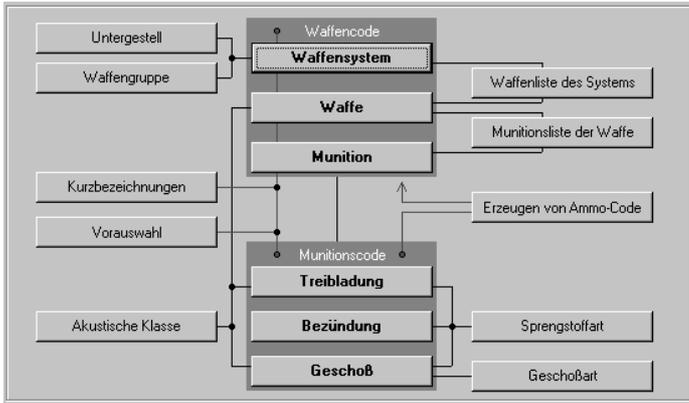


Abb. 1: Auszug aus einem Tabellenauswahlfenster von WinLarm zur Veranschaulichung des Aufbaus der Waffendatenbank

VDI 3745 zu beurteilen sind) fallen in die 6 Klassen von 0,2 g bis 20 g Explosivstoffmasse. Schwere Waffen (typisch militärische Waffen, die nach der TA Schießlärm des BMVg zu beurteilen sind) fallen in die 12 Klassen von 50 g bis 500 kg.

Die Tabellen ‚Waffe‘, ‚Treibladung‘ und ‚Geschoss‘ kennen eine solche ‚akustische Klasse‘. Ihre Eingabe ist in der für WinLarm realisierten Datenbank zwingend vorgeschrieben. Die Philosophie des sogenannten ‚Friendly Systems‘ wird im Folgenden diskutiert.

Das ‚Friendly System‘

Die innere Bedeutung der Teil-Codes in Verbindung mit den Sonder-Codes und der Kenntnis der ‚akustischen Klasse‘ erlaubt nun die ‚Bestmögliche Schätzung der zu erwartenden Schallemission von Waffenknullen bei unvollständigen Quell- und Referenzdaten‘. Die Strategie zu dieser Schätzung wird als ‚Friendly System‘ bezeichnet. Seine Aufgabe ist es, für einen beliebigen Waffen-Code für jede Knallart eine sachgerechte Schätzung des Quellpegels und der Richtcharakteristik zu liefern.

Es soll noch einmal gesagt werden, dass dabei zwei unterschiedliche Ausgangslagen eine Schätzung notwendig machen: Zum einen dann, wenn bei den Betriebsdaten nur unspezifizierte Angaben erfasst wurden, d.h. der Waffen-Code enthält den Sonder-Code ‚Referenz‘ in einem oder mehreren Teil-Codes (Beispiel: ‚20 Schuss aus einer Glattohrkanone 120 mm ohne Angabe der Munition). Zum anderen ist eine Schätzung dann notwendig, wenn der Waffen-Code vollständig spezifiziert wurde, aber die Datenbank keine akustischen Daten für diesen Waffen-Code enthält, also der ‚Ähnlichste‘ aufgefunden werden soll. (Beispiel: Munition ‚300, 9,5 g Treibladung, 10 g Geschossgewicht angefragt, ‚300, 12 g, 11 g vorhanden.)

Das ‚Friendly System‘ unterscheidet sich einmal im Hinblick auf die Knallart: Eine sachgerechte Schätzung für die Explosion im Zielgebiet hängt von anderen Vorgaben ab als die Schätzung des Mündungsknalls. Das ‚Friendly System‘ unterscheidet im Detail aber auch, ob eine Quellstärke oder eine Richtcharakteristik geschätzt werden soll. Im Folgenden wird dieses System exemplarisch für die Quellstärke des Mündungsknalles vorgestellt.

Abb. 2 zeigt den Entscheidungsbaum für die Schätzung des Mündungsknalls. Die hellgrau unterlegten Rahmen stehen für eine Existenzabfrage an die Datenbank, ob Quelldaten für die enthaltenen Buchstabenkombinationen vorhanden sind. Das System beginnt also oben links mit der Abfrage nach ‚SWTZ‘, also ob für den Waffen-Code mit dem angeforderten Syst-Code (S), Weap-Code (W), Treibladungs-Code (T) und den IgnP-Code (Z) spezifische Daten gespeichert sind. Falls dies so ist, liefert das System diese Daten.

Ist dies nicht so, verzweigt das System nach Maßgabe der Stellung des Schalters ‚AF‘, welche Ersetzung an diesem Code vorgenommen werden, bevor wieder abgefragt wird. Der Schalter ‚AF‘ ist vom Benutzer vorgebar und gibt an, ob das ‚Friendly System‘ die Teil-Codes der Munition auf den Sonder-Code ‚Referenz‘ umändern darf. Ist dies erlaubt, folgt das System dem linken Zweig, ersetzt zunächst den Teil-Code der Bezündung durch ‚Referenz‘ und führt erneut eine Existenzabfrage durch.

Zur Steuerung der weiteren Entscheidungen stehen dem Anwender noch drei weitere Schalter zur Verfügung, die entsprechend andere Code-Ersetzungen erlauben oder verbieten. Im Zuge der Entscheidung

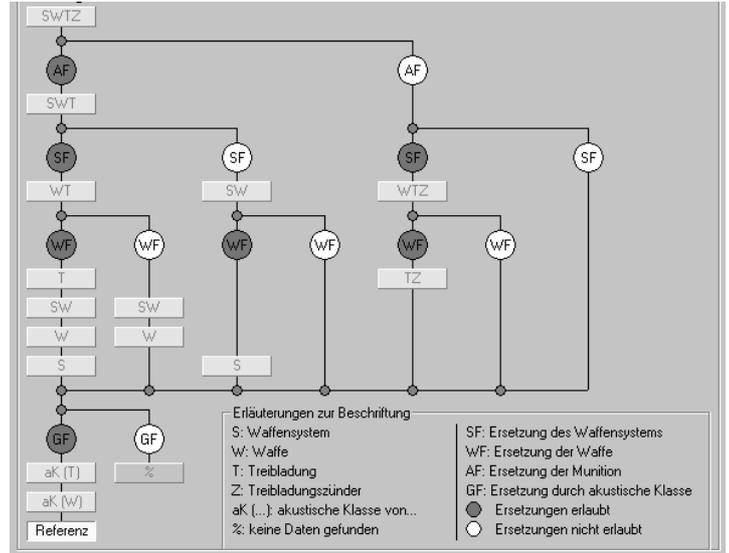


Abb. 2 Das ‚Friendly System‘ für den Mündungsknall in WinLarm

wird entweder ein Code mit akustischen Daten in der Datenbank gefunden oder es wird notwendig, die Angaben in den ‚akustischen Klassen‘ zu nutzen. Dort wird zunächst die akustische Klasse der Treibladung gesucht, dann würde gegebenenfalls die der Waffe usw. benutzt, um Werte daraus abzuleiten. Wenn auch diese nicht definiert sind, liefert das System eine allgemeine Referenzquellstärke.

Realisation im Programm WinLarm

WinLarm ist eine Software-Suite, die von der Bundeswehr zur Berechnung der Lärmbelastung in der Nachbarschaft von Schießanlagen und Truppenübungsplätzen eingesetzt wird. Die dort eingesetzte Datenbank wird in naher Zukunft die Daten aller Waffen enthalten, die auf den Anlagen der Bundeswehr eingesetzt werden. Dazu gehören auch die Waffen anderer NATO-Mitglieder. Die Datenbank wird aber auch Waffen einschließen, die von Fremdnutzern dieser Anlagen (Polizei, Bundesgrenzschutz, Justizbehörden, Wachdienste und Sonstige) benutzt werden. Die Bundeswehr wird für die wichtigsten Waffen auch die akustischen Quelldaten ermitteln.

In WinLarm wird durch die Vorgabe von hohen Referenzwerten – i.e. Quellstärken und Richtcharakteristiken für Waffen-Codes, die den Sonder-Code ‚Referenz‘ enthalten - sichergestellt, dass das ‚Friendly System‘ stets ungünstigere Quelldaten zurückliefert, falls der Waffen-Code nicht vollständig angegeben wird. Dies hat die Konsequenz, dass ungenaue Betriebsdatenerfassung oder fehlende Werte in der Datenbank zu einer höheren Prognose der Lärmbelastung führt als tatsächlich zu erwarten ist. Auf der einen Seite unterstützt diese Strategie tendenziell, eher zu Gunsten der betroffenen Nachbarschaft zu prognostizieren. Auf der anderen Seite lassen sich so sachgerechte überschlägige Prognosen auf der Basis einer groben Angabe eines Waffenszenarios für eine eigentlich komplex benutzte große Anlage, z.B. für einen Truppenübungsplatz, erstellen. Dieses Konzept lässt sich natürlich auch auf den zivilen Bereich übertragen, wo es häufig lediglich erforderlich ist, nachzuweisen, dass eine Schießanlage die Grenzwerte sicher einhält.

Für die Prognose der Lärmbelastung in der Nachbarschaft militärischer Anlagen werden diese Daten zentral eingegeben und gepflegt. Dabei ist die Datenbank, die den Waffen-Code definiert, von der Datenbank, in der diesen Waffen-Codes akustische Daten zugeordnet werden, physikalisch und logisch getrennt. Dies entspricht der Vorgabe der ‚Adhoc Working Group on Low Frequency Impulse Noise‘, die die Entwicklung dieses Waffen-Codes international koordiniert.

Literatur

- /1/ K.-W. Hirsch: ‚Emissionskennwerte von Waffenknullen‘, Fortschritte der Akustik, DAGA 98 Zürich, 188-189

Diese Untersuchungen werden vom Bundesministerium der Verteidigung gefördert.