

# Ist die DIN/ISO 9613 für Schießlärm anwendbar?

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

## Vorbemerkung

In dem Abschnitt ‚Anwendungsbereich‘ heißt es in der DIN ISO 9613-2, /1/: „Es (das Berechnungsverfahren, Anm. d. Verf.) ist nicht anwendbar auf Fluglärm oder auf Druckwellen, die durch Sprengungen, militärische oder ähnliche Aktivitäten verursacht werden.“ In wie weit damit gemeint ist, dass Mündungs- und Geschossknalle von Waffen, zivil oder militärisch, ausgeschlossen werden, sei hier dahingestellt. Unterstellt man jedoch, dass physikalische Gründe für diese Einschränkung ausschlaggebend waren, ist eine Diskussion des Verfahrens für die Prognose von Schießlärm erforderlich, dessen Schallereignisse zweifellos als durch Explosionen erzeugte Druckwellen beschrieben werden müssen.

## Einleitung

Mündungs- und Geschossknalle sind Kurzzeitereignisse, gekennzeichnet durch hohe Quellenergien und hohe Intensitäten im quellnahen Bereich, durch eine ausgeprägte Richtcharakteristik, durch ein breitbandiges Spektrum und hohe positive und negative Schalldruckspitzen, durch kohärente Schallabstrahlung und -ausbreitung und durch einen großen Einwirkungsbereich. Diese Eigenschaften heben diese Knalle aus den vorwiegend in der Lärmakustik zu betrachtenden Geräuschen heraus.

Die Arbeitsgruppe ISO/ CEN/JWG51 hat in ihrem Normvorschlag DIN ISO CD 17201 Blatt 1, /2/, festgelegt, die Quellstärke der Knalle durch die Angabe des Terzspektrums der richtungsabhängigen Energieflussdichte im Freifeld zu beschreiben.

Die Arbeitsgruppe diskutiert nun - im Zusammenhang mit der Festlegung eines Verfahrens zur Berechnung der Knallausbreitung in einem weiteren Blatt 3 dieser Norm -, ob bzw. mit welchen Einschränkungen und Erweiterungen die in der ISO DIN 9613-2 niedergelegten Methoden für diese Knalle anwendbar sind. Gegenstand dieses Beitrags ist es, Probleme aufzuzeigen, die bei der Anwendung der Verfahren der DIN ISO 9613-2 bei der Beschreibung der Knallausbreitung auftreten können.

## Beschreibung der Schallquelle

### Angabe der Quellstärke

Knalle sind Einzelereignisse. Die Kennzeichnung der Quellstärke erfolgt daher sachgerecht nicht über Leistungs-, sondern über Energiegrößen. Dieser Unterschied führt zunächst lediglich zu formal ungewohnten Gleichungen bei der Berechnung der die Quelle richtungsabhängig kennzeichnenden Emissionspegel als Eingangsgrößen einer Ausbreitungsrechnung. Dennoch bleibt festzuhalten, dass nach /2/ Quellenergien angegeben werden, nicht äquivalente Dauerschalldruckpegel. Eine Umrechnung setzt daher stets lineare Akustik voraus.

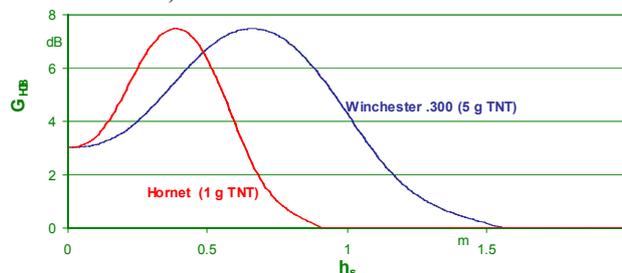
Es ist weiterhin darauf hinzuweisen, dass die nach /2/ definierte Quellstärke für die freistehende Quelle gilt. Korrekturen wegen quellnaher Reflexionsflächen, wie sie in /1/ vorgesehen sind, müssen im Hinblick auf die ausgeprägte Richtwirkung sachgerecht und unter Berücksichtigung der quellspezifischen Richtcharakteristik umgesetzt werden. Falls sich eine Knallquelle sehr nahe – als Abschätzung für diesen Bereich kann hier der doppelte sogenannte Weber-Radius gelten, vgl. dazu /3/ - an einer Reflexionsfläche befindet, könnte eine weitere Korrektur erforderlich sein, die im folgenden Abschnitt diskutiert wird.

### „Height of Burst Gain“

Der z.B. in /4/ eingeführte Effekt der ‚Height of Burst Gain‘ korrigiert signifikant den Quellpegel eines Explosionsknalles in Abhängigkeit von der Höhe über Grund, s. Abb. 1.

Die physikalische Begründung dieser Korrektur ist z.Z. für den Autor trotz Recherche nicht eindeutig nachzuvollziehen. Ein Erklärungsansatz könnte allerdings sein, dass die sich noch im Bereich des Reflektors mit Überschall bewegenden Gase der Explosion die Abstrahlung der für die Akustik maßgeblichen Knallwelle so nachhaltig beeinflussen, dass der Wirkungsgrad der Abstrahlung stark ansteigt, wenn sich die Quelle dem Boden nähert.

Es besteht hier noch zumindest experimenteller Klärungsbedarf, ob eine Korrektur  $G_{\text{HOB}}$  eingeführt werden muss, um den Freifeldpegel in Abhängigkeit von der Lage z.B. der Mündung einer Waffe zu modifizieren. (Die ‚außergewöhnlich‘ genau angegebenen Koeffizienten in den Formeln zur Berechnung der Korrektur sind in diesem Zusammenhang eher verwunderlich. Sie wurden so aus /4/ übernommen.)



$$G_{\text{HOB}} = 10 \lg(F) \text{ dB}$$

$$F = 1.9513 - 0.10458 h'_s + 4.05707 e^{-\frac{(h'_s - 3.9047)^2}{3.428}}$$

$$h'_s = \frac{h_s}{\sqrt[3]{Q}}$$

Abb 1 Einfluss der ‚Height of Burst Gain‘

Korrektur für den Mündungsknall eines Jagdgewehres, Kaliber .300 und eines Kleinkalibergewehrs, Kaliber .22 mit  $G_{\text{HOB}}$ : Korrektur ‚Height of Burst Gain‘ [dB],  $h_s$ : Höhe über Grund [m] und  $Q$ : TNT-äquivalente Sprengstoffmasse [kg]

## Quellbeschreibung für den Geschossknall

Der Geschossknall wird häufig als Linien-schallquelle betrachtet. Es gelingt aber eine Quellbeschreibung so, dass ein Emissionspegel bereitgestellt werden kann, der sich in die Systematik einer Ausbreitungsrechnung nach DIN ISO 9613-2 einfügen lässt, /5/. Dies ist in dem z.Z. vorliegenden Entwurf der DIN/ISO 17201-4, /6/, bei dem vorgeschlagenen Modell nicht der Fall, wohl aber bei dem einfacheren Modell nach DIN/ISO 17201-2, /7/, das auf dem in /5/ vorgeschlagenen Modell beruht.

## Beschreibung der Schallausbreitung

### Geometrische Schallausbreitung

Die Anwendung sowohl des Geschossknallmodells nach DIN ISO 17201-4 oder -2 erfordert eine Erweiterung der Korrektur  $A_{\text{div}}$  für die geometrische Ausbreitungsdämpfung in Abhängigkeit von der Art des Knalles. Dies ist eher ein formaler Aspekt.

Wichtiger könnte ein Aspekt sein, der aus dem erheblichen Einwirkungsbereich der Knalle folgt. Immissionspegel von Knallen müssen auch in größeren Entfernungen (gegebenenfalls mehr als 3 km für typische Handwaffen) prognostiziert werden können. Für eine in der DIN ISO 9613-2 vorausgesetzte günstige Schallausbreitungsbedingung wird die geometrische Dämpfung nicht mehr allein durch ein  $1/r^2$ -Gesetz bestimmt sein. Die Ausbreitung wird mit zunehmender Entfernung mehr zu  $1/r$  tendieren.

### Absorption

Bei der Ausbreitung von Schall nahe einer impedanzbehafteten Oberfläche, z.B. dem Erdboden, bildet sich ein lokales Schallfeld aus dem direkten Schall und der Bodenreflexion. Wegen der streifenden Reflexion kommt es bei tiefen Frequenzen zu einer Schalldruckverdopplung; in einem ausgeprägten Frequenzbereich aber zu einer Schnelleverdopplung. Die Absorption ist ein Effekt der inneren Reibung, bedarf also der Kompression der Gase, die wiederum dem Schalldruck proportional ist. Bei Schnelleverdopplung bzw. Druckauslöschung erfolgt deshalb keine ‚Luftabsorption‘ im üblichen Sinne in dem betroffenen Frequenzbereich. Die erhöhte Schnelle bietet jedoch Phänomenen der äußeren Reibung mehr Einfluss, also z.B. der Dämpfung durch Vegetation. Hier bieten sich gegebenenfalls Ansätze für die Auslegung von Schallschutzmaßnahmen. Dieses Phänomen ist nicht auf Knalle

beschränkt, sondern gilt allgemein. Da aber bei Schießlärm meist die Quelle zusammen mit Quellort und Empfangsort eine ständig wiederkehrende gleichbleibende Emissionssituation ausbildet, kann der Effekt bei Schießlärm von besonderer Bedeutung sein.

### Schirmung

Nicht-lineare Effekte können im Nahbereich der Quelle Einfluss auf die Schirmwirkung von Wällen und Wänden haben. Wunderli und Heutschi haben experimentell Hinweise dafür gefunden, dass bei Geschosknallen nach einer Wand die bereits durch die Schirmung reduzierten höheren Frequenzanteile durch nicht-lineare Ausbreitung wieder aufgebaut wurden. /8/. Für quellnahe Schallschirme gilt die Schirmrechnung der DIN ISO 9613-2 also nicht.

Ein einfacher Ansatz, diesen Effekt in einem zur Systematik der DIN ISO 9613-2 kompatiblen Verfahren zu beschreiben, ist z.Z. noch nicht bekannt. In /9/ wird von den gleichen Autoren ein Verfahren vorgestellt, das die Berechnung der Schirmung bei Geschosknallen erlaubt. Dieses Verfahren ist aber linear und basiert auf einer aufwendigen Berechnung der Schallausbreitung unter Berücksichtigung von Phasenzusammenhängen zwischen retardiert abgestrahlten Impulsen von Kugelschallquellen zur Simulation der Schallabstrahlung von der Geschosbahn.

### Streuung

Beiträge zum Empfangspegel, die durch Streueffekte an Hindernissen auf dem Ausbreitungsweg entstehen, werden von der DIN ISO 9613-2 nicht erfasst. Derartige Beiträge sind bei Knallen aber nicht immer zu vernachlässigen. In bestimmten Situationen können sie sogar pegelbestimmend sein. Dies soll folgendes Beispiel erläutern:

Ein Schießstand möge auf beiden Seiten durch Wälle abgeschlossen sein. Auf den Wällen seien noch Schallschutzwände errichtet, so dass der Mündungsknall um 20 dB durch Schirmung gemindert wird. Der Schießstand habe auch Sicherheitsblenden, die zwischen den Wällen und Wänden die gesamte Breite die Schießbahn überspannen, aber die Wände an Höhe noch überragen. Dann erreicht nicht nur der geschirmte Direktschall einen Empfangsort seitlich des Schießstandes, sondern auch der Streuschall von den seitlichen Kanten der Blenden. Der Direktschall, der auf die seitliche Blendenkanten trifft, hat wegen der ausgeprägten Richtwirkung einen deutlich höheren Pegel als der Direktschall seitlich zur Schießrichtung. Der Streuschall - dies belegen Messungen - liegt typisch 25 dB unterhalb des Pegels des einfallenden Schalls. Beide Knalle erreichen in diesem Beispiel also mit ähnlichen Pegeln Empfänger seitlich zum Schießstand.

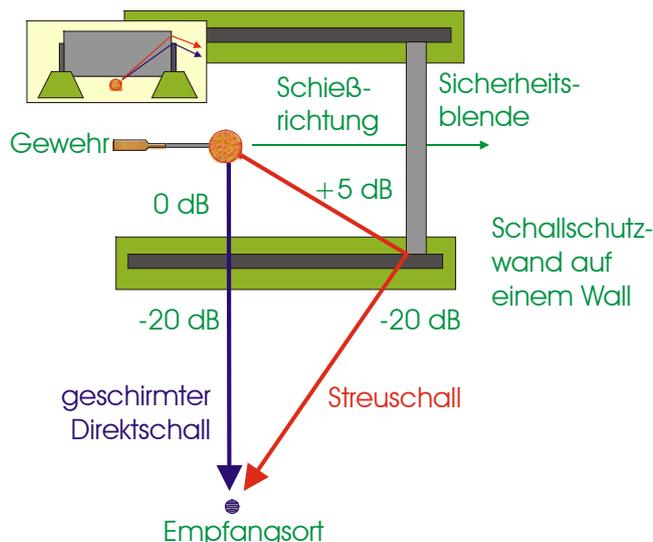


Abb. 2 Skizze zum Auftreten vergleichbarer Pegel des geschirmten und gestreuten Mündungsknalles auf einem Schießstand mit Schallschutzmaßnahmen

Dient die Ausbreitungsrechnung der Auslegung von Schallschutzmaßnahmen, kann eine Vernachlässigung der Streuphänomene im Schallausbreitungsmodell zu einer falschen Lösung führen.

## Beschreibung am Empfangsort

### Bemerkungen zur Bodendämpfung

Es wurde bereits weiter oben darauf hingewiesen, dass die DIN ISO 9613-2 Schalldruckpegel prognostiziert. Ausdruck dafür ist die Bodendämpfung, die die Minderung des Schalldruckpegels durch destruktive Interferenz berücksichtigt. Dies ist im Mittel eine sachgerechte Berücksichtigung, wenn - bedingt durch ihre Größe oder durch ihre Art - die Quelle nicht kohärent ist oder der Ausbreitungsweg eine stochastische Komponente aufweist und dadurch eine zeitliche Mittelung dieses Effektes wirklich eintritt. Dies konnte auch experimentell für tieffrequente Knalle bei einer Ausbreitung über große Entfernungen belegt werden, /10/. Bei einer stets wiederkehrenden Emissionssituation kann eine solche Mittelung ausbleiben und in Sonderfällen zu Prognosen mit größerer Unsicherheit führen.

### Prognose von Maximalpegeln

Quellseitig betrachtet sind die Knalle Einzelereignisse. Am Empfangsort jedoch können die Knalle auf verschiedenen Wegen und nach verschiedenen Laufzeiten eintreffen und dort als mehrere getrennte Ereignisse gemessen und gehört werden. Will man einen nach TA Lärm bzw. VDI 3745 bestimmten Beurteilungspegel prognostizieren - dies ist ein Ziel der Erarbeitung der DIN ISO 17201 aus deutscher Sicht -, ist zu beachten, wie diese Einzelereignisse am Empfangsort zu einem Pegel einer Emissionssituation zusammengefasst werden sollen. Bei der Bildung eines Maximalpegels der Emissionssituation ist also eigentlich auch die zeitliche Abfolge der Signale zu prognostizieren. Die Prognose der Laufzeit ist nicht Bestandteil der DIN ISO 9613-2.

### Schlussbemerkung

Die ISO DIN 9613-2 beschränkt ihren Anwendungsbereich auf die Vorhersage des „äquivalenten A-bewerteten Dauerschall-druckpegel“. Das Verfahren erhebt damit nicht den Anspruch, dass sich die Zuverlässigkeit ihrer Verfahren gleichwertig auf alle der Berechnung des A-Pegels zu Grunde liegenden Oktavpegel bezieht, vgl. dazu auch Abschnitt 9 zur Genauigkeit des Verfahrens in /1/. Die Anmerkung in Tabelle 5 im gleichen Abschnitt schränkt die Genauigkeitsangaben weiter auf Situationen ein, bei denen weder Reflexionen noch Schirmungen auftreten. Bei der Anwendung der Berechnungsverfahren der DIN ISO 9613-2 auf Knalle ist die Genauigkeitsangabe so zu überarbeiten bzw. zu erweitern, dass sie auch die Unsicherheiten bei der Berechnung der Knalle widerspiegelt.

### Literatur

- /1/ DIN ISO 9613-2, „Dämpfung des Schalls bei der Ausbreitung im Freien - Teil 2: Allgemeines Berechnungsverfahren“ Deutsche Fassung ISO 9613-2 : 1996
- /2/ DIN ISO CD 17201-1: “Acoustics — Noise from shooting ranges — Part 1: Sound source energy determination of muzzle blast”
- /3/ K.-W. Hirsch: „Messung der Emissionsdaten von Mündungsknallen“, VDI Bericht zur Schalltechnik '98, Freizeit-anlagen und Schießgeräusche, NALS im DIN und VDI
- /4/ ISO Technical Specification 13474, “Acoustics – Impulse sound propagation for environmental noise assessment”, Abschnitt 6.3.2
- /5/ K.-W. Hirsch: “An energy model for projectile sound” internoise 2001, Den Haag
- /6/ DIN ISO Draft 17201-4: “Acoustics — Noise from shooting ranges — Part 4: Projectile Sound”
- /7/ DIN ISO Draft 17201-2: “Acoustics — Noise from shooting ranges — Part 2: Estimation of source data - muzzle blast and projectile noise”
- /8/ J.M. Wunderli, K. Heutschi: "Simulation Model for Sonic Boom of Projectiles", Acta Acustica 87(2001)86-90
- /9/ J.M. Wunderli, K. Heutschi: "Shielding Effect for Sonic Boom of Projectiles", Acta Acustica 87(2001)91-100
- /10/ K.-W. Hirsch: „On the influence of local ground reflections on sound levels from distant blasts at large distances“, Noise Control Engineering Journal, 46(1998)5, S. 215-226