

# Das Geschossknallmodell der DIN EN ISO 17201-2: Prognose und Messung

Mattias Trimpop<sup>1</sup>, Olaf Bee<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Institut für Lärmschutz, 40489 Düsseldorf, E-Mail: trimpop@ifl-acoustics.de

<sup>2</sup> DEVA, 33184 Altenbeken, E-Mail: o.bee@deva-institut.de

## Einleitung

Die DIN EN ISO 17201-2 [1] enthält neben dem Mündungsknallmodell ein Geschossknallmodell. Bisher wird in vielen Prognosen der Geschossknall nicht betrachtet, da davon ausgegangen wird, dass der Geschossknallanteil in der Regel zu vernachlässigen ist.

Anhand von verschiedenen Waffen werden die Immissionsprognosepegel für die Mündungsknalle und Geschossknalle zunächst untereinander und auch mit realen Messdaten verglichen. Es zeigt sich, dass sich für Gewehre mit ballistischen Geschossen (waffentechnisch: Büchse) und Pistolen ein sehr unterschiedliches Pegelfeld des Geschossknalls ergibt. Während bei Büchsen der Geschossknallanteil nur im nahen Immissionsbereich maßgeblich ist, kann dieses bei Pistolen im gesamten Geschossknallfeld bis zu größeren Entfernungen hin der Fall sein.

Weiterhin werden Messungen des Geschossknallanteils eines Gewehrs mit Schrotmunition (waffentechnisch: Flinte) vorgestellt, die zeigen, dass das Geschossknallmodell der DIN EN ISO 17201-2 unter bestimmten Annahmen auch für die Prognose des Geschossknalls von Schrotmunition angewandt werden kann.

## Mündungs- und Geschossknallfelder verschiedener Waffen

Im militärischen Bereich ist die lärmakustische Relevanz des Geschossknalls bereits seit vielen Jahren bekannt [2,3]. Im zivilen bzw. jagdlichen Bereich wird der Geschossknall in der Regel bei Prognosen vernachlässigt bzw. erst später bei der Genehmigungsmessung berücksichtigt. Gerade bei der Planung von Schießanlagen ist jedoch eine passgenaue Prognose für eine wirtschaftliche Optimierung der baulichen Maßnahmen zur Einhaltung der entsprechenden Richtwerte unverzichtbar.

Da in dieser Veröffentlichung auch Schrotmunition untersucht wird, werden hier zur besseren Unterscheidung der Gewehre mit ballistischen Geschossen und den Schrotgewehren die Bezeichnungen Büchse und Flinte verwendet.

Mittels des Schallprognoseprogramms PROPPER<sup>®</sup> wurden sowohl für eine Büchse als auch für eine Pistole die entsprechenden auf Messdaten beruhenden Pegelfelder für den Mündungsknall unter Berücksichtigung der Luftabsorption nach ISO 9613-1 [4] berechnet. Die Prognose von Mündungsknallen durch PROPPER<sup>®</sup> wurde bereits mit mehreren Messungen validiert und publiziert [5].

Die Pegelfelder des Mündungsknalls von Büchse und Pistole unterscheiden sich hauptsächlich durch den absoluten Pegel; die Richtcharakteristik ist bei der Pistole nicht so stark gerichtet wie bei der Büchse. (Siehe auch [1]).

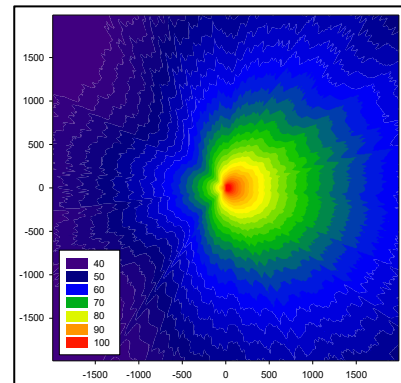


Abbildung 1: Pegelfeld des Mündungsknalls eines Büchsen-schusses (Schussrichtung nach rechts).

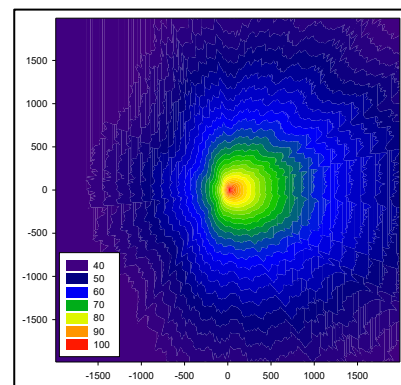


Abbildung 2: Pegelfeld des Mündungsknalls eines Pistolenschusses (Schussrichtung nach rechts).

Die Pegelfelder der entsprechenden Geschossknalle wurden mit einer Implementation der DIN EN ISO 17201-2 berechnet, die seit einigen Jahren in WinLarm<sup>®</sup> verwendet wird. Auch dieses Modell enthält bereits die Luftabsorption und wurde in den letzten Jahren durch Messungen für verschiedene Geschossformen validiert. Gerade bei den für Handfeuerwaffen üblichen Geschossformen liegen die Prognosewerte sehr nah an den Messwerten.

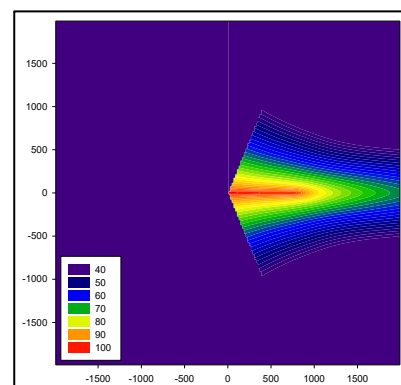
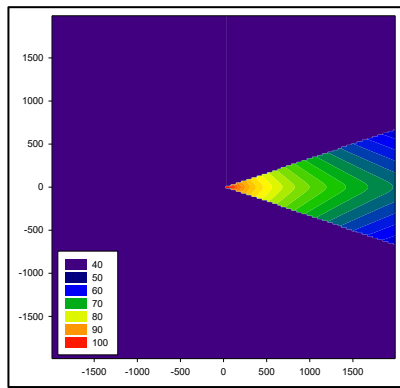


Abbildung 3: Pegelfeld des Geschossknalls eines Büchsen-schusses (Schussrichtung nach rechts).

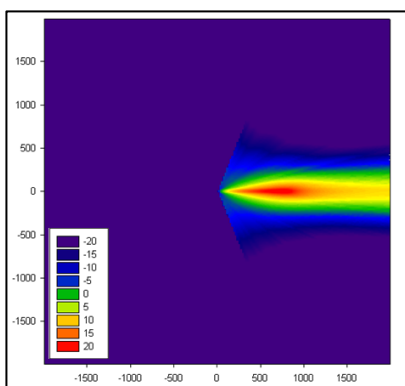


**Abbildung 4:** Pegelfeld des Geschosknalls eines Pistolenschusses (Schussrichtung nach rechts).

An den Geschosknallfeldern (Abbildungen 3 und 4) wird sofort ersichtlich, dass diese grundsätzlich verschieden sind: Während beim Büchsengeschoss mit einer weit über der Schallgeschwindigkeit liegenden Geschosgeschwindigkeit der Geschosknallbereich in einem großen Winkelbereich seitlich zur Schusslinie zu finden ist, ist der Geschosknallbereich bei der in der Regel nur knapp überschalligen Pistolenkugel in einem relativ kleinen Winkelbereich in Schussrichtung zu finden.

Auch die Pegelabnahmen sind grundlegend verschieden: Während der Pegel beim Büchsen schuss zur Seite hin schnell abfällt, ist der Abfall im Geschosknallbereich der Pistole relativ gering.

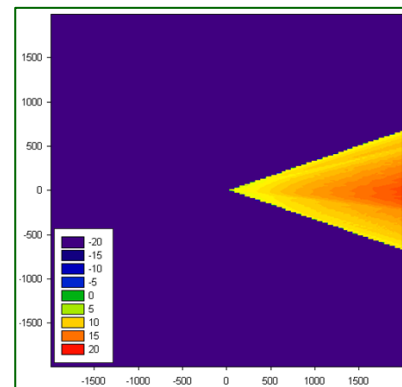
Werden nun für beide Waffen jeweils das Differenzpegelfeld zwischen dem Geschosknall- und dem Mündungsknallfeld erzeugt (Differenz gleich Geschosknallpegel minus Mündungsknallpegel), zeigt sich daran sofort der Bereich, in dem der eine oder andere Schallanteil dominiert. In den Bereichen, in denen kein Geschosknall auftritt, ist der Mündungsknall generell dominant und die Differenz wird auf den minimal angezeigten Wert (hier -20 dB) gesetzt.



**Abbildung 5:** Differenzpegelfeld des Geschos- und des Mündungsknalls eines Büchsen schusses (Schussrichtung nach rechts).

An dem Differenzpegelfeld des Büchsen schusses (Abbildung 5) zeigt sich, dass beim Büchsen schuss der Geschosknall nur nahe an der Schusslinie dominiert; außerhalb dieses Bereichs ist der Mündungsknall dominant. An dem Differenzpegelfeld des Pistolenschusses (Abbildung 6) wird deutlich, dass beim Pistolenschuss im gesamten

Geschosknallbereich der Geschosknall dominiert. Die Erklärung dafür liegt in dem relativ zur Büchse geringeren Mündungsknallpegel aufgrund der in der Regel deutlich geringeren Treibladung der Pistolenmunition. Gleichzeitig sind die Pistolenkugeln in der Regel im Durchmesser deutlich größer als Büchsen geschosse und der Luftwiderstandsbeiwert typischer Pistolenkugeln ist aufgrund der relativ gesehen geringeren Länge im Vergleich zum typischen Büchsen geschoss höher. Außerdem nimmt der Luftwiderstandsbeiwert nahe der Schallgeschwindigkeit stark zu, was dazu führt, dass relativ viel Bewegungsenergie des Geschosses in Luftschall, hier als Geschosknall überführt wird. Das zusammen führt dazu, dass bei Pistolen der Geschosknall in einem kleinen Winkelbereich um die Schussrichtung der dominante Schallbeitrag ist.



**Abbildung 6:** Differenzpegelfeld des Geschos- und des Mündungsknalls eines Pistolenschusses (Schussrichtung nach rechts).

Der Geschosknall bei Pistolen tritt nur in einem relativ kleinen Winkelbereich um die Schussrichtung auf. Daraus wird gelegentlich geschlossen, dass der Geschosknall in den oft seitlich oder rückwärtig zur Schussrichtung liegenden Immissionsorten somit keine Rolle spielt. Das Gegenteil ist der Fall: am Geschosfang ist seitlich und oberhalb in der Regel eine Geschosfangblende vorhanden, die den Geschosknall zum rückwärtigen Bereich reflektiert. Da der Mündungsknall in 180° zur Schussrichtung durch die Richtcharakteristik der Waffe in der Regel sehr viel leiser als in Schussrichtung ist, ist gerade der in Schussrichtung abgestrahlte und am Schießstand reflektierte Mündungs- und Geschosknall im rückwärtigen Bereich des Schützen maßgeblich.

Ein weiterer Grund, der oft bei Vernachlässigung des Geschosknalls bei Handwaffen genannt wird, ist der Hinweis im Kap. 9 der VDI 3745 Bl. 1:

„... Im Regelfall kann der Geschosknall vernachlässigt werden, weil er mit charakteristischen Frequenzen von 2.000 Hz bis 5.000 Hz (vgl. DIN EN ISO 17201-4) durch die Baumfassungsteile des Schießstandes massiv abgeschirmt wird und auf dem Ausbreitungsweg durch die Luftabsorption stark gedämpft wird.“

Um diesem Argument nachzugehen, ob es für beide betrachteten Waffen angewandt werden kann, wurden für die Büchse und die Pistole die Schwerpunktfrequenzen der Mündungsknalle anhand gemessener Spektren in 10 m Entfernung nach DIN EN ISO 17201-1 bzw. für die

Geschossknalle durch Berechnung nach DIN EN ISO 17201-2 ermittelt und in Tabelle 1 zusammengefasst.

**Tabelle 1:** Schwerpunktfrequenzen der unterschiedlichen Waffenarten und Schallanteile

Variante	Schwerpunktfrequenz in Hz	
	Mündungsknall	Geschossknall
Büchse	400	4.800
Pistole	800	1.500

Aufgrund der in Tabelle 1 gegebenen Schwerpunktfrequenzen können zum Vergleich bei einer typischen Wetterlage bei 20° C Lufttemperatur und 70 % Luftfeuchte die Luftabsorptionswerte nach ISO 9613-1 für die jeweiligen Elemente bestimmt werden.

**Tabelle 2:** Luftabsorption der Schwerpunktfrequenz bei 20° C und 70 % Luftfeuchte der unterschiedlichen Waffenarten und Schallanteile

Variante	Luftabsorption in dB/km	
	Mündungsknall	Geschossknall
Büchse	2,1	33,5
Pistole	4,2	7,2

Hier zeigt sich, dass beim Büchschuss der Geschossknall tatsächlich deutlich stärker aufgrund der Luftabsorption gedämpft wird als der Mündungsknall und dass allein dadurch der Mündungsknall in größeren Entfernungen dominieren wird. Bei der Pistole liegen die Schwerpunktfrequenzen nur drei Terzen auseinander; entsprechend gering ist der Unterschied der Luftabsorption beider Schallanteile und bereits beim nur um 3 dB laueren Geschossknall ist bis in 1.000 m Abstand keine Änderung des dominierenden Schallanteils aufgrund dieses Effektes zu erwarten. Das Gegenteil ist der Fall: Aufgrund des unterschiedlichen Abstrahlverhaltens des Geschoss- und des Mündungsknalls weist Abbildung 6 aus, dass die Pegeldifferenz zwischen Geschossknall und Mündungsknall im Fernbereich (bei Dominanz des Geschossknalls) sogar noch zunimmt. Dieses ist keineswegs eine rein theoretische Fragestellung; die Untersuchung wurde angestoßen aufgrund von „unplausiblen“ Messergebnissen. Die obige Untersuchung zeigte jedoch, dass die Unplausibilität darin begründet liegt, dass die Aussage laut Kap. 9 der VDI 3745 Bl. 1 nicht in allen Fällen zutreffend ist.

**Sonderfall Schrotmunition**

Der Mündungsknall einer Schrotflinte ist ohne weiteres anhand der DIN EN ISO 17201-2 zu prognostizieren, der Geschossknall jedoch bereitet hier Schwierigkeiten:

Die Schrotmunition weist einige Merkmale auf, die mit dem Geschossknallmodell nicht kompatibel sind:

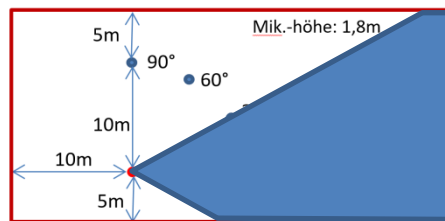
- Es gibt keinen gleichbleibenden Geschossdurchmesser auf der Flugbahn,
- es ist unklar, ob einzelne Schrotkugeln zu betrachten sind und somit nach DIN EN ISO 17201-2 eine extrem hohe Schwerpunktfrequenz haben oder ob es eine „effektive“ Geschossgröße inklusive mit-

gerissener Luft gibt, die zu einer eher niedrigeren Schwerpunktfrequenz führen würde.

Da diese Frage auch im Expertenkreis sehr kontrovers diskutiert wird, wurde auf dem Versuchsgelände der DEVA (Deutsche Versuchs- und Prüf-Anstalt für Jagd- und Sportwaffen e.V.) eine orientierende Messung durchgeführt.

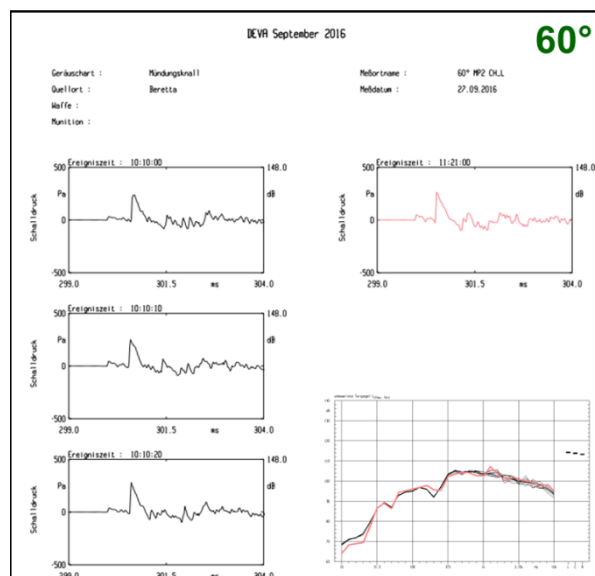
In Schussrichtung weist die Richtwirkung des Mündungsknalls einer Handfeuerwaffe in der Regel nur eine geringe Abhängigkeit von dem Winkel zur Schussrichtung auf; in ca. 90° zur Schussrichtung ist die Änderung oft am größten. Zwischen 60° und 30° ist nur ein relativ geringer Pegelunterschied zu erwarten; zu 15° wird dieser noch geringer ausfallen.

Folgender Versuchsaufbau wurde verwendet:



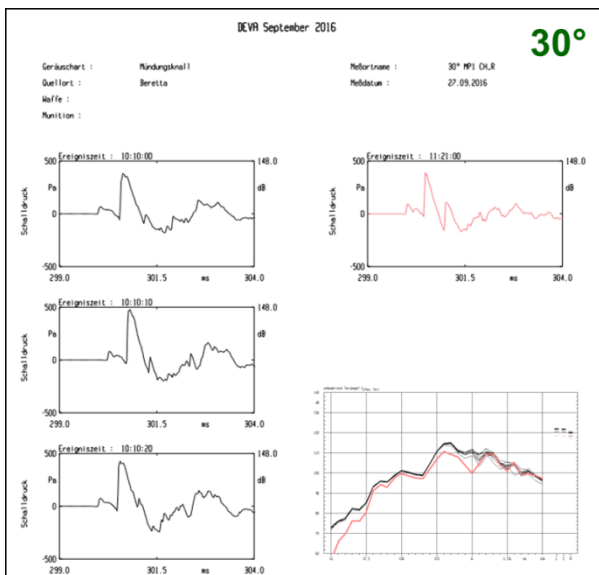
**Abbildung 7:** Versuchsaufbau zur Messung des Geschossknallbeitrags in verschiedenen Winkeln relativ zur Schussrichtung (Schussrichtung nach rechts). Der halblinker Bereich kennzeichnet den zu erwartenden Geschossknallwinkelbereich.

Für die Messung des Geschossknalls von Schrotmunition wurde als Waffe eine Beretta mit der Schrotmunition Kal. 12/70 verwendet. Nachdem drei Schüsse vermessen wurden, wurde im Abstand von ca. 1,5 m in Schussrichtung ein Seifenblock als Auffangmaterial für die Schrotgarbe angebracht. Mit diesem Aufbau wurde ein Schuss vermessen. Die folgenden Schusstafeln zeigen 5 ms Zeitsignalausschnitte der Schüsse in verschiedenen Ausbreitungswinkeln.

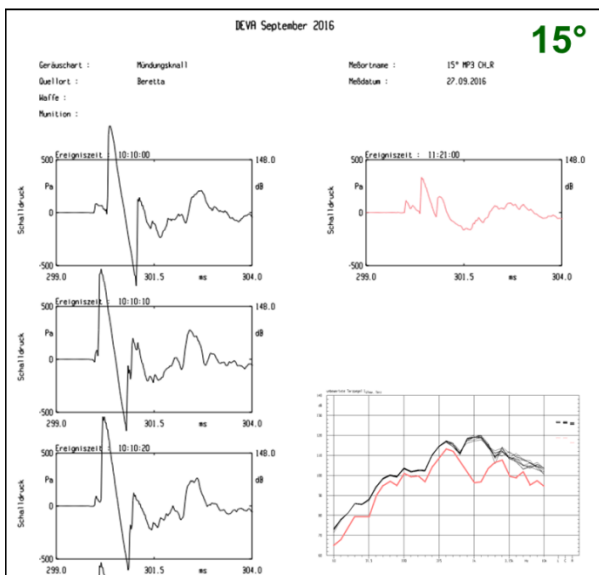


**Abbildung 8:** Zeitsignale und Spektren der drei Schüsse mit Geschossknall (links) und eines Schusses, bei dem die Schrotmunition nahe an der Mündung aufgefangen wurde (rechts) in 60° Winkel zur Schussrichtung

Die Schusstafel für den Ausbreitungswinkel  $60^\circ$  zur Schussrichtung (Abbildung 8) zeigt, dass dort die Zeitsignale mit und ohne Seifenblock nahezu identisch sind.



**Abbildung 9:** Zeitsignale und Spektren der drei Schüsse mit Geschosknall (links) und eines Schusses, bei dem die Schrotmunition nahe an der Mündung aufgefangen wurde (rechts) in  $30^\circ$  Winkel zur Schussrichtung



**Abbildung 10:** Zeitsignale und Spektren der drei Schüsse mit Geschosknall (links) und eines Schusses, bei dem die Schrotmunition nahe an der Mündung aufgefangen wurde (rechts) in  $15^\circ$  Winkel zur Schussrichtung

Bei einem Ausbreitungswinkel von  $30^\circ$  (Abbildung 9) sind bereits kleine Unterschiede im Zeitverlauf und den Spektren zu erkennen. Bei dem Ausbreitungswinkel von  $15^\circ$  ist ein deutlicher Pegelunterschied zwischen den Ergebnissen beider Messvarianten sichtbar. Das Zeitsignal in  $15^\circ$  zeigt auch die typische N-Welle eines Geschosknalls. Folglich ist festzuhalten, dass es offensichtlich einen Geschosknall bei Schrotmunition gibt. Anhand der Spektren in  $15^\circ$  kann auch die Hauptfrequenz des Geschosknalls abgelesen werden: diese liegt hier bei ca. 1 kHz.

Bei der Berechnung der Schwerpunktfrequenz des Geschosknalls nach DIN ISO EN 17201-2 (dort kritische

Frequenz genannt), die in der Regel die Grundfrequenz der N-Welle ist, folgt aus der Berechnung aufgrund des Durchmessers einer einzelnen Schrotkugel eine Schwerpunktfrequenz um 4 kHz, bei dem Ansatz des verwendeten Kalibers als maßgeblichen Durchmesser eine Schwerpunktfrequenz um 500 Hz. Beide Werte passen nicht exakt zu der gemessenen Schwerpunktfrequenz von 1 kHz. Die mit dem Ansatz des Kaliberdurchmessers berechnete Schwerpunktfrequenz liegt jedoch deutlich näher an der aus der Messung ermittelten Schwerpunktfrequenz als an der aufgrund der Schrotkugeldurchmesser berechneten Schwerpunktfrequenz. Da das Verhältnis von Treibladung zu Geschossgewicht bei der Flinte dem einer Pistole ähnlich ist, wird folglich auch der Geschosknall der Schrotmunition im Geschosknallbereich ähnlich stark die Immissionspegel dominieren wie bei der Pistole.

## Zusammenfassung

Der Vergleich der Mündungsknallfelder mit den Geschosknallfeldern von Pistolen, Büchsen und Flinten zeigt, dass eine generelle Vernachlässigung der Geschosknallanteile gerade bei Pistolen zu einer Unterschätzung der Immissionspegel führen kann.

Mittels der Messung einer Flinte konnte nachgewiesen werden, dass auch Schrotmunition einen deutlichen Geschosknall aufweist. Für Schrotmunition liefert das Kaliber als Grundlage für die Berechnung der Geschosknallschwerpunktfrequenz sachgerechte Spektren.

Die prognostizierten Immissionspegel liegen selbst mit den Standardwerten für den Luftwiderstandsbeiwert der DIN EN ISO 17201-2 bei der Schrotmunition relativ nah an den gemessenen Immissionspegeln (Differenz ca. 1 dB).

## Literatur

- [1] DIN EN ISO 17201-2:2006-10: Akustik - Geräusche von Schießplätzen - Teil 2: Bestimmung des Mündungsknalls und des Geschosgeräusches durch Berechnung; Deutsche Fassung EN ISO 17201-2:2006
- [2] Hirsch, K.-W.; Trimpop, M.: Vergleich verschiedener Ansätze zur Prognose der Schallimmission von Geschosknallen; Fortschritte der Akustik, Hamburg 2001
- [3] Zangers, J.; Hirsch, K.-W.: Zur Berechnung des Geschosknalls von Flugkörpern auf ballistischen Flugbahnen; Fortschritte der Akustik, Dresden 2008
- [4] ISO 9613-1:1993-06: Akustik; Dämpfung des Schalls bei der Ausbreitung im Freien; Teil 1: Berechnung der Schallabsorption durch die Luft
- [5] Zangers, J.; Trimpop, M.; Wiedemann, B.; Vogel, J.: Messung und Prognose von Immissionspegeln an ausgewählten Orten in der Umgebung einer Standort-schießanlage; Fortschritte der Akustik, Nürnberg 2015

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