

# Die Wirkung von Blenden auf Schießständen auf die Schallausbreitung von Mündungsknallen

## Einführung

Die Blenden über den Schießbahnen sind bei vielen Schießanlagen aus Sicherheitsgründen erforderlich. Ihre Positionen entlang der Schießbahn, ihre unteren und oberen Kanten und ihre Oberflächenbeschaffenheit wird nach Sicherheitsvorschriften so bestimmt, daß streuende Geschosse den Schießstand nicht mit einer die Nachbarschaft gefährdenden Geschwindigkeit verlassen können. Zusätzlich soll ihre Anordnung den Schützen beim Zielvorgang und beim Schuß möglichst nicht beeinträchtigen. Bauliche Maßnahmen des aktiven Schallschutzes auf Schießanlagen müssen sich diesen Sicherheitsaspekten unterordnen und sich gleichzeitig an den Anforderungen einer sachgerechten Nutzung der Anlage orientieren.

Die Planung wirksamer Schallschutzmaßnahmen erfordert stets die Analyse der Schallausbreitungssituation. Diese Analyse wird bei Schießanlagen häufig aus Messungen gewonnen, die in besonders exponierten Bereichen in der Nachbarschaft der Anlage durchgeführt werden. Die Erfahrung mit den aus einer solchen Analyse abgeleiteten einfachen Maßnahmen - beispielsweise eine Lärmschutzwand parallel zu den Schießbahnen oder die Belegung von vermuteten pegelbestimmenden Reflexionsflächen mit Absorbermaterial - zeigt in vielen Fällen, daß diese Maßnahmen die Erwartungen im Hinblick auf eine nachhaltige Reduzierung der Immissionspegel nicht erfüllen können. Als Konsequenz dieser Erfahrung wird häufig die gesamte Schießbahn mit einer Rasterdecke versehen. Diese pauschale Maßnahme ist in der Regel erfolgreich und wirkt überall in der Nachbarschaft; sie ist aber auch aufwendig und deshalb kostenintensiv.

Häufig liegen in der Nachbarschaft von Schießanlagen jedoch nur in wenigen Richtungen schutzwürdige Bebauungen im Sinne des Schallschutzes. Gezielte Maßnahmen für diese Wohngebiete wären kostengünstiger auszulegen, wenn sie erfolgssicher geplant werden könnten. Eine derartige Planung erfordert aber eine zuverlässige Analyse der Schallausbreitungssituation auf der Schießanlage, die über die Messung im Fernbereich bzw. in Immissionsorten hinausgeht.

## Analyse der Schallausbreitungssituation

Die Schießgeräusche im Fernbereich der Anlage sind eine dichte Folge von Knallsignalen, die auf verschiedenen Laufwegen von der Quelle zum Empfänger gelangen. Aufgabe der Analyse der Schallausbreitungssituation im Hinblick auf eine Optimierung von Schallschutzmaßnahmen ist es deshalb, die Herkunft der pegelbestimmenden Signalanteile anzugeben. Hierbei kommt den Blenden eine entscheidende Bedeutung zu.

Akustisch betrachtet sind die Blenden Reflexionsflächen und Beugungshindernisse. Als Beugungshindernisse zeigen sie die Besonderheit, daß alle Seitenkanten - also auch die untere - eine Beugungskante sein kann. Eine nach den oben angedeuteten Regeln der Schießsicherheit ausgelegte Folge von unterschiedlich dimensionierten Blenden entlang der Schießbahn in Verbindung mit den ebenfalls vorgeschriebenen seitlichen Wällen stellt deshalb eine komplexe Schallausbreitungssituation dar.

Andere Aspekte treten hinzu: Die Blenden und seitlichen Wälle verhindern in der Regel von vornherein Direktschalle zum Immissionsort. Deshalb wirken auch zusätzliche Lärmschutzwälle bereits bei ihrer Schirmung auf Reflexions- bzw. Beugungssignale. Der Mündungsknall ist typisch eine stark in Schußrichtung gerichtete Schallquelle. Deshalb können Signale in Schußrichtung, die in den rückwärtigen Raum reflektiert und gebeugt werden, höhere Pegelbeiträge liefern als Direktschalle in dieselbe Rich-

tung. Auch diese besonderen Aspekte für Schießgeräusche tragen dazu bei, daß die notwendige Rekonstruktion der Schallausbreitung aus Fernfeldmessungen schwierig ist und in der Regel nur die einfachen, offensichtlichen Schallwege berücksichtigt.

Die Konzeptionierung von optimierten und zielgerichteten Schallschutzmaßnahmen setzt deshalb ein hochwertiges Strahlverfolgungsverfahren voraus, das eine weitgehend vollständige Analyse der Schießgeräusche am Immissionsort im Hinblick auf ihren Laufweg liefert. Ein solches Verfahren setzt wiederum voraus, daß die winkelabhängigen Reflexions- und Beugungseigenschaften, insbesondere die der Blenden, zuverlässig bekannt sind. Dabei ist zu beachten, daß Mündungs- und Geschosknalle breitbandige Signale sind, die Frequenzabhängigkeit dieser Eigenschaften also eine wesentliche Rolle spielen kann.

## Blendenprüfstand

Zur Durchführung der Untersuchungen an Blenden wurde ein besonderer Prüfstand im Freien eingerichtet, der durch seine Lage auf einer Hügelkuppe in einer ruhigen Umgebung gute Voraussetzungen bietet, die Reflexions- und Beugungssignale von Blenden ohne störende Hintergrundgeräusche aufzunehmen.

Der Prüfstand bildet ein Rechteck von 15 m x 60 m, das vollständig mit ebenen Betonplatten abgedeckt ist, um eindeutige Reflexionseigenschaften des Bodens zu erhalten. Auf dieser Fläche wurde eine Blende errichtet, die in ihren Abmessungen einer typischen Blende auf einem Schießstand entspricht; sie ist 12 m breit, ihre Unterkante liegt 2,5 m über dem Boden, ihre Gesamthöhe beträgt 6,5 m.

Ziel der ersten Untersuchungen auf diesem Prüfstand ist die Messung der frequenzabhängigen und winkelabhängigen Beugungen an allen Kanten der direkten und der am Boden reflektierten Knallimpulse und die Reflexionseigenschaften verschiedener Blendenoberflächen.

## Meßanordnung

Analysiert man die bei dieser einfachsten Geometrie auftretende Anzahl von möglichen Signalen, erhält man neben dem Direktschall Reflexionen vom Boden und von der Blende und die Blendenreflexion der Bodenreflexion. Hinzukommen die jeweils vier Beugungssignale des Direktschalles und der Bodenreflexion von den Kanten der Blende.

In einer Voruntersuchung wurden drei Quellorte vor der Blende und insgesamt 42 Mikrofonpositionen in 6 verschiedenen Höhen und 7 verschiedenen Winkeln im Halbkreis mit einem Radius von 12 m um den geometrischen Mittelpunkt der Blende so bestimmt, daß die zu erwartenden Signalfolgen der reflektierten und gebeugten Signalanteile des oben beschriebenen Ensembles der Signale im Zeitverlauf hinreichend deutlich getrennt werden können. Ziel dieser Trennung ist es, für die Signalanteile ein mindestens 4 ms langes Zeitfenster zu erhalten, in dem das Signal alleine auftritt, um eine spektrale Analyse ab 500 Hz zu ermöglichen.

Abb. 1 skizziert exemplarisch den Meßaufbau für die 0°-Messung, die Aufschluß über die Kantenstreuung bzw. Beugung gibt. Bei den Meßserien auf dem Halbkreis werden jeweils für jeden Winkel die Signale in den verschiedenen Höhen simultan aufgenommen.

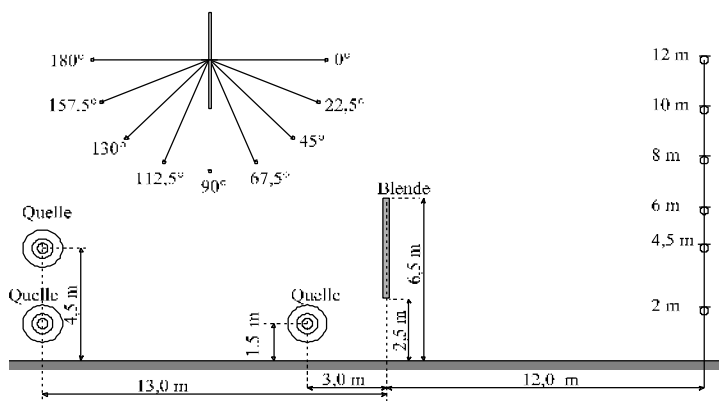


Abb. 1 Anordnung zur Messung der Reflexionen und Kantenrückstreuung auf dem Blendenprüfstand im Meßwinkel  $0^\circ$  zur Schießrichtung für eine Quellposition

Als Knallquelle dienen die Mündungsknalle einer 9 mm Signalpistole, deren Spektrum ausreichend Energieanteile in dem interessierenden Frequenzbereich bei einem für Mündungsknalle typischen Phasenzusammenhang liefert. Die Schießrichtung der Signalpistole wurde in Abhängigkeit von der Meßgeometrie so gewählt, daß die Richtcharakteristik des Mündungskalles möglichst einen geringen Einfluß hat. Ansonsten muß die bekannte Richtcharakteristik zur Korrektur der Meßwerte herangezogen werden.

## Diskussion erster Meßergebnisse

Abb. 2 zeigt die in den verschiedenen Höhen aufgenommenen Schalldruckverläufe bei der Messung hinter der Blende entsprechend dem in Abb. 1 dargestellten Aufbau bei  $0^\circ$ . Die Zuordnung der Signalanteile erfolgt anhand von 3D-Laufzeit-berechnungen und sind in Abb. 2 als Hinweise eingetragen, sofern sie zuverlässig interpretierbar sind.

Aus den Zeitverläufen wird ein allgemeines Phänomen deutlich. Zu Beginn der Zeitverläufe ist das Signal stets 'glatt', d.h. ohne hochfrequente Überlagerungen. Sobald ein erstes Signal vom Boden eine Rolle spielt, bekommt das Signal eine 'Rauhigkeit', die sich beim Auffinden von schwachen Signalanteilen störend bemerkbar macht. Dieses als Streusignal der Betonoberfläche zu interpretierende Signal liefert einen Pegel von ca. 100 dB und ist in allen Richtungen zu beobachten.

Die Zusammenstellung dieser Ergebnisse zeigt, daß bereits eine einzige Blende im Nahbereich zu einer komplexen, ortsabhängigen Signalfolge führt, die Fehleinschätzungen bei der Auslegung von spezifischen Schallschutzmaßnahmen zur Folge haben kann. Folgende Überlegung soll dies verdeutlichen:

Bei einer Analyse der Schallausbreitungssituation für einen entfernten Immissionsort in Schießrichtung muß berücksichtigt werden, daß bei einer Mitwindlage des Immissionsortes alle Signalanteile auf ihrem Laufweg durch die Atmosphäre den Immissionsort erreichen können. Also kann auch der Direktschall bei ungünstiger Wetterlage im Fernfeld pegelbestimmend sein. Die Spitzenamplituden der indirekten Signalanteile scheinen nun im Vergleich zur Amplitude des Direktschalles nahezu zulegen, daß sie im Fernfeld zu vernachlässigen seien. Eine Maßnahme könnte deshalb die Erhöhung der Blende sein, um den Direktschall abzusichern. Dennoch ist im Immissionsort die Wirkung dieser Maßnahme auf eine Pegelreduzierung von ca. 6 dB begrenzt, solange die Bodenreflexion bzw. die Beugungssignale von der unteren Kante im Fernfeld wirksam werden können. Das gilt natürlich um so mehr für eine realistische Quellhöhe von 1,5 m. Bei schrägen Lagen der Immissionsorte zur Schießrichtung spielen auch die Beugungen von den seitlichen Kanten der Blende eine wesentliche Rolle.

Dieses Beispiel belegt nachdrücklich, daß auch für Schießlärm ein detailliertes Strahlverfolgungsverfahren entwickelt werden muß,

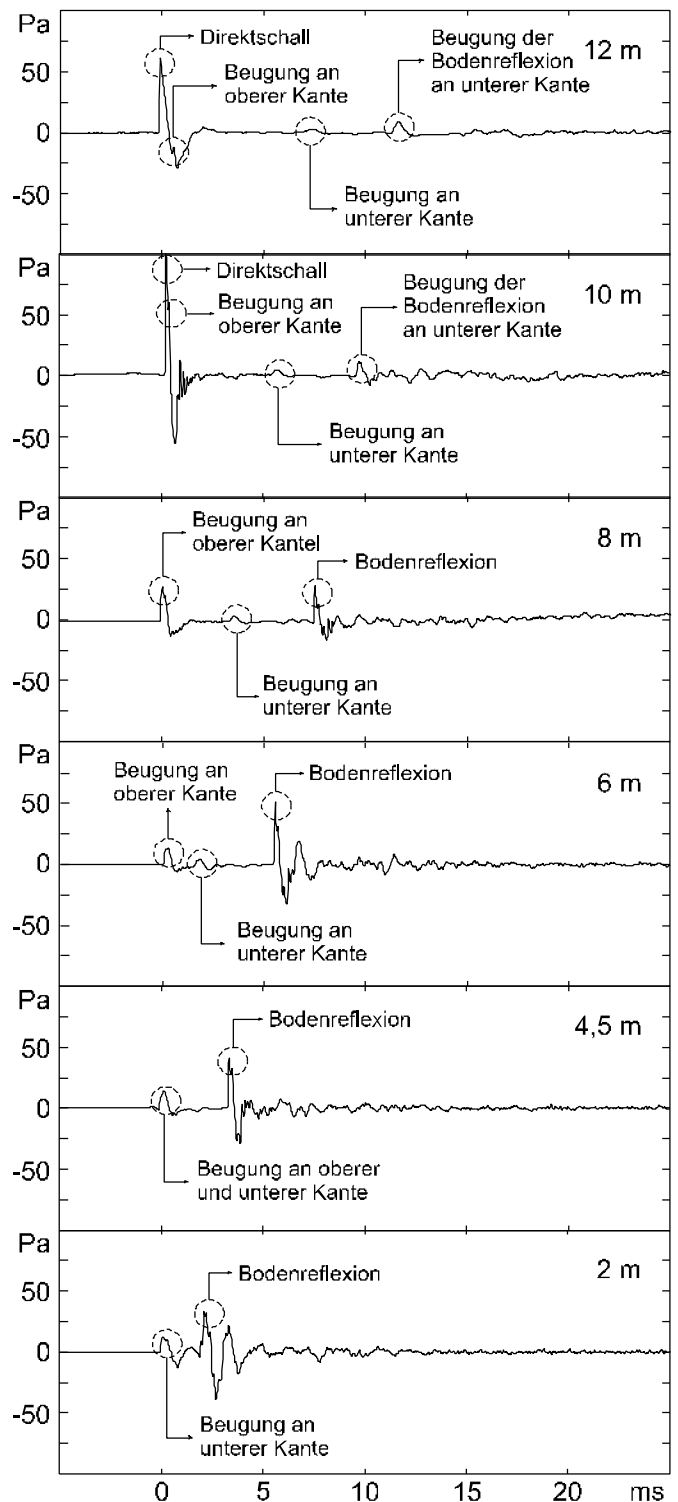


Abb. 2 Zeitsignale des Schalldruckes in verschiedenen Höhen bei der Messung unter  $0^\circ$  bei einem Mündungsknall von der Quellposition 13 m vor der Blende in einer Höhe von 4,5 m

das frequenzabhängige Mehrfachbeugung insbesondere auf dem Schießstand selbst berücksichtigen muß, um als Planungsinstrument bei der Optimierung von sachgerechten Schallschutzmaßnahmen auf Schießanlagen zu dienen.

Diese Untersuchungen werden vom Bundesministerium der Verteidigung BMVg unterstützt.