

## Optimierung der Schallminderung von Rasterdecken an Schießständen

E. BUCHTA, K.-W. HIRSCH

(Institut für Lärmschutz, Düsseldorf)

### Einleitung

Der Betrieb einer Standortschießanlage für militärische und polizeiliche Schießausbildung bzw. für jagdliches und sportliches Schießen führt zu erheblichen Belästigungen der Anwohner in der Nachbarschaft. Die Zurückführung der Belästigung kann nur bedingt durch eine Einschränkung der Auslastung dieser Anlagen geschehen. Wesentlich wirksamer sind bauliche Lärmschutzmaßnahmen an der Schießanlage selbst. In der Regel ist von den Schallschutzmaßnahmen eine Pegelreduktion von mehr als 10 dB(A) zu fordern, was eine Reduzierung der Auslastung um 90% bedeuten würde.

Die Geräuschbelastigung in der Umgebung einer Schießanlage geht vom Mündungsknall der Waffen, vom Überschallknall der Geschosse und von den Reflexionen dieser Primärknalle von den aus Sicherheitsgründen vorhandenen Querblenden und der Geschosfangkammer aus. Die Schießgeräusche eines einzelnen Schusses können in verschiedenen Immissionsorten nach deutlich hörbaren Laufzeitunterschieden von unterschiedlichen Stellen der Anlage herrühren und immissionsortabhängig pegelbestimmend sein. Schallschutzmaßnahmen müssen daher die Primärknalle und den sekundären Reflexionsschall wirksam mindern.

Eine Überbauung, z.B. durch eine Halle als Maßnahme aber ist einerseits aus Kostengründen - derartige Anlagen können bis zu 300 m lang sein - sehr aufwendig. Andererseits wird durch eine Vollkapselung der gewünschte realitätsnahe Übungsbetrieb stark beeinträchtigt; es kann nur bei Kunstlicht geschossen werden, der Abzug der Schwaden kann nur mit einer Entlüftungsanlage gewährleistet werden. Dagegen ist eine Abdeckung der Schießanlage mit einer licht- und luftdurchlässigen Rasterdecke eine Alternative, die sowohl die Nachteile eines vollständigen Abschlusses vermeidet als auch im Hinblick auf ihre Schallschutzfunktion hinreichende Ergebnisse liefert.

Abb. 1 zeigt schematisch den Aufbau einer licht- und luftdurchlässigen Rasterdecke. Die Rasterdecke besteht aus Längs- und Querelementen, die beidseitig schallabsorbierend (Absorptionsgrad  $\alpha > 0,8$  oberhalb von 500 Hz nach DIN 52210) sind. Der spektrale Energieschwerpunkt der Knalle liegt im Bereich um 1000 Hz oder höher, so daß unter Berücksichtigung der Reflexionsverluste und unter Vernachlässigung von Beugungserscheinungen, der Schallabschirmung die größte Bedeutung zugemessen werden kann. Deshalb ist ein wesentliches Kriterium zur Auslegung der Rasterdecke die rein geometrisch betrachtete Abschirmwirkung.

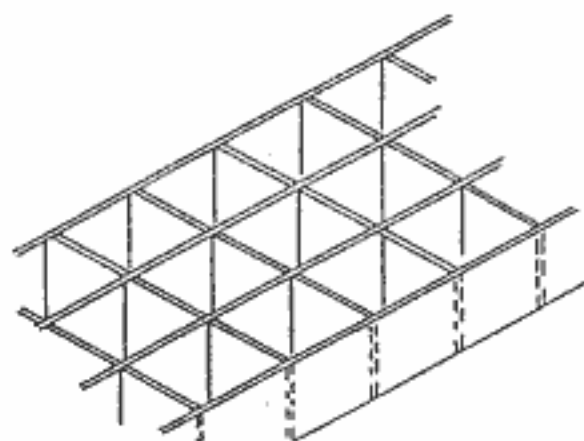
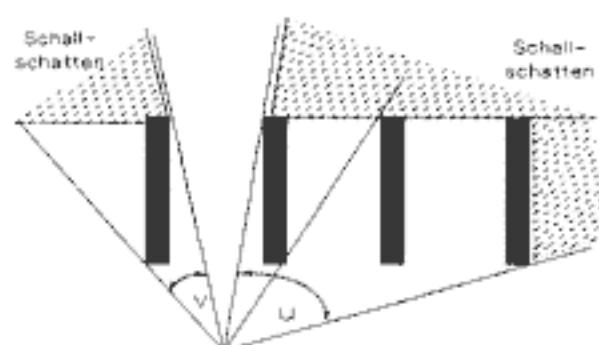
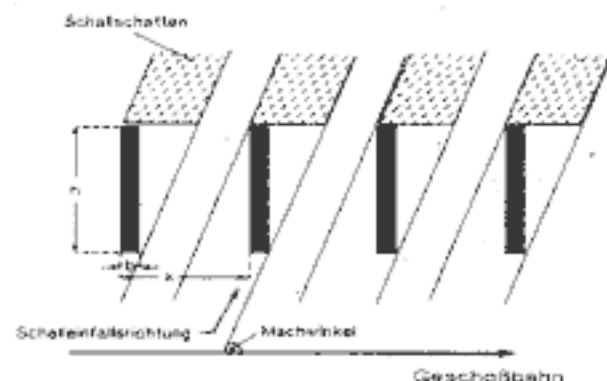


Abb. 1 Schemazeichnung eines Kassettendaches /1/



**Abb. 2** Zur Definition des Schirmgrads einer Rasterdecke für den Mündungsknall (Punktschallquelle)



**Abb. 3** Zur Definition des Schirmgrades einer Rasterdecke für den Geschößknall

### Schirmgrad einer Rasterdecke

Als Maß für die Abschirmwirkung wird hier der geometrische Schirmgrad  $a$  definiert:  $a$  ist das Verhältnis der Summe aller mindestens einmal durch ein Element der Rasterdecke bzw. durch Begrenzungsbauten der Schußbahn (Wälle, Geschößfang und Wände) abgeschirmten Winkelbereiche zum gesamten Winkelbereich (Halbkreis). Der Abschirmgrad kann eindimensional, d.h. in einem Querschnitt der Rasterdecke bestimmt werden. Beispielsweise in dem in **Abb. 2** dargestellten Fall für eine Punktschallquelle ist der Schirmgrad  $a = \frac{1}{\pi} (u + v)$

Der Schirmgrad  $a$  einer Rasterdecke läßt sich für eine Punktschallquelle nicht in einer einfach geschlossenen mathematischen Form darstellen. Der Grund dafür ist die Mehrfachabschirmung von Winkelbereichen durch mehrere Rasterelemente.

Für den Geschößknall, der als Linienschallquelle mit gerichteter Abstrahlung aufzufassen ist, folgt für den Schirmgrad:

$$a = \frac{b}{x} + \frac{h}{x \tan \left[ \frac{\pi}{2} - \arcsin \frac{c}{v} \right]}$$

Die geometrischen Größen  $x$ ,  $b$  und  $h$  sind aus **Abb. 3** zu entnehmen. Der Winkel  $\arcsin(c/v)$  ist der Machwinkel, der abhängig ist von dem Verhältnis der Schallgeschwindigkeit  $c$  zur Geschößgeschwindigkeit  $v$ .

Im folgenden wird lediglich der Abschirmgrad  $a_s$ , der von den Querelementen der Rasterdecke gebildet wird, betrachtet. Hier erfolgt die Rechnung in vertikaler Ebene, die die Flugbahn des Geschößes enthält.

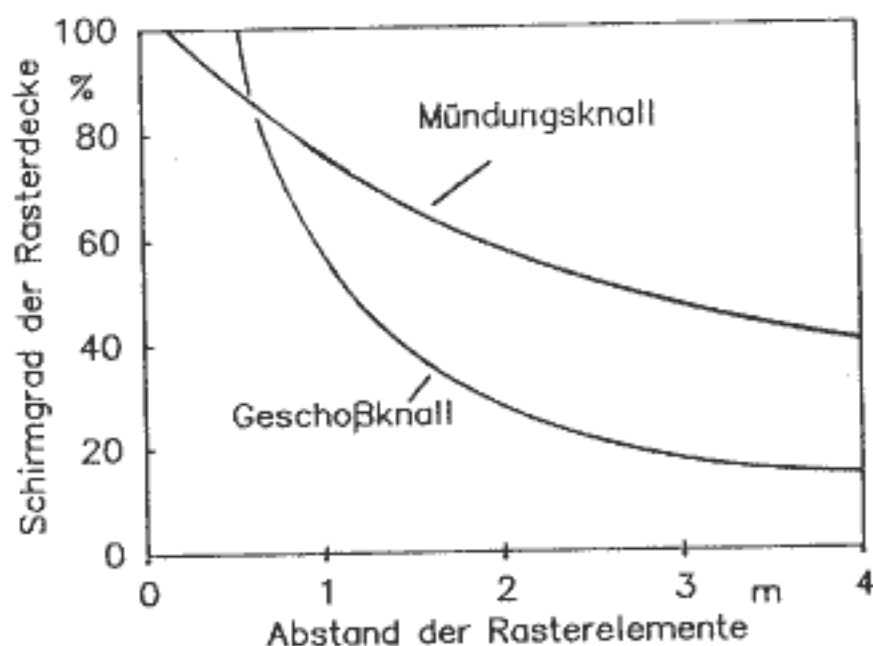
Der Schirmgrad hängt von einem Ensemble von Konstruktionsmerkmalen der Rasterdecke ab. Für die Rasterdecke wird folgende Geometrie angenommen: Länge des Schießstandes: 300 m; Höhe der Decke über Grund: 6,5 m; Schießposition: 150 m; Höhe der Mündung über Grund: 1,5 m; Breite der Rasterelemente: 0,1 m; Höhe der Elemente: 1,0 m; Abstand der Elemente: 1,0 m; beide Stirnseiten sind geschlossen. Variationsrechnungen zeigen, daß der Schirmgrad ist nahezu unabhängig von der Höhe der Decke über Grund, er steigt nur um knapp 5 % bei der Verdopplung der Breite  $b$  der Elemente von 0,1 m auf 0,2 m. Entscheidende Abhängigkeiten zeigt der Schirmgrad vom Abstand (**Abb. 4**) der Rasterelemente und von ihrer Höhe (**Abb. 5**).

### Ansatz zur Optimierung einer Rasterdecke

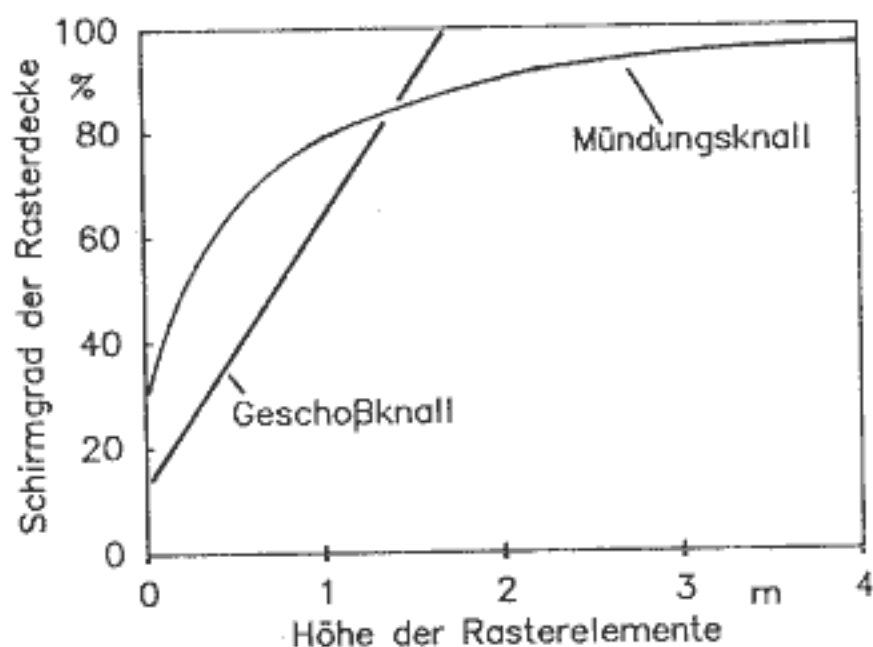
Die gegenläufigen Zusammenhänge der Abhängigkeit des Schirmgrades von der Höhe und vom Abstand der Rasterelemente legen nahe, die Höhe und den Abstand der Rasterelemente im Hinblick auf einen maximalen Schirmgrad der Decke zu optimieren. Als Nebenbedingung wird hier das Produkt zwischen der Anzahl der Elemente  $n$  auf der Länge von 300 m und der Höhe der Elemente  $h$  gewählt. Dieses Produkt ist ein Maß für den Materialaufwand für die Rasterdecke. Es gibt die gesamt benötigte Baulänge der Elemente für die Schießbahn an.

In **Abb. 6** ist für 4 Vorgaben dieses Produktes (100 m, 200 m, 300 m und 400 m) die Abhängigkeit des Schirmgrades vom Abstand der Elemente für den Mündungsknall dargestellt.

Berücksichtigt man den Herstellungsaufwand (der den Bereich kleinster Elementhöhen und kürzester Abstände verbietet) findet man einen optimalen Schirmgrad bei einem Parameter von 300 m für einen Abstand von 1 m und für 1 m hohe Elemente. Eine Erhöhung der Elementhöhe von 1,0 m auf 1,33 m bei gleichem Abstand erfordert  $1/3$  mehr Materialaufwand und bringt dafür einen nur ca. 5% höheren Abschirmgrad. Dagegen bewirkt eine Verringerung der Elementhöhe um  $1/3$  von 1,0 m auf 0,66 m eine Verringerung des Schirmgrades um 10%.



**Abb. 4** Abhängigkeit des Schirmgrades vom Abstand der Rasterelemente für den Mündungs- und den Geschoßknall



**Abb. 5** Abhängigkeit des Schirmgrades von der Höhe der Rasterelemente für den Mündungsknall

Diese Auslegung führt zu einem Schirmgrad von 88%.

Allerdings ist der Schirmgrad lediglich ein qualitatives Kriterium zur Auslegung der Rasterdecke. Die zu erwartende Schirmwirkung der Rasterdecke steigt mit steigendem Schirmgrad. Ein quantitatives Maß für die tatsächlich erreichbare Pegelminderung kann daraus nicht abgeleitet werden, weil die für die Geräuschimmission entscheidende Schallemission über Beugung an der Rasterdecke erfolgt.

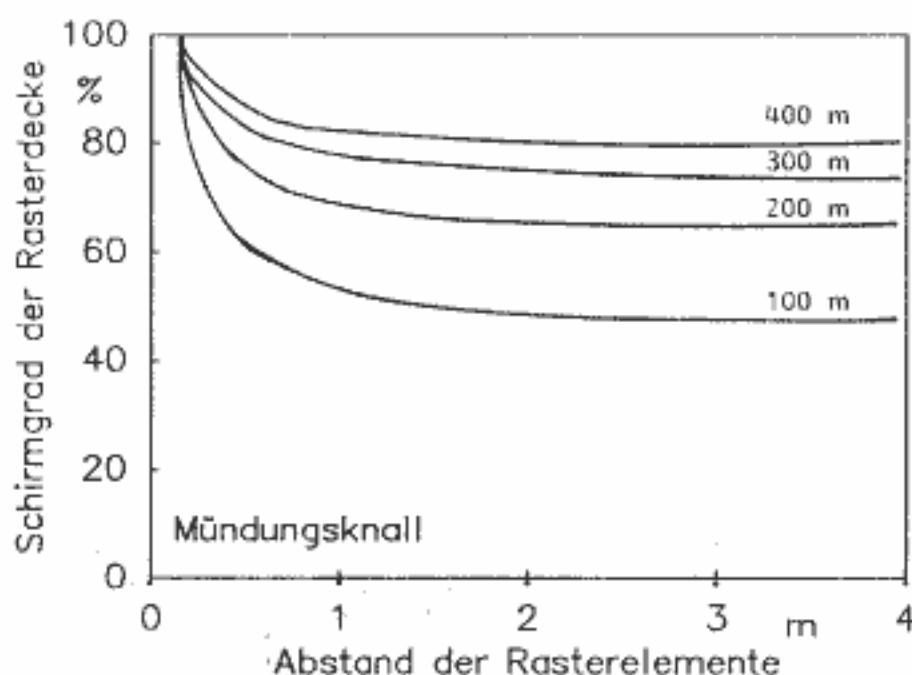


Abb. 6 - Abhängigkeit des Schirmgrades einer Rasterdecke vom Abstand der Rasterelemente; Parameter  $l = n \cdot h$

#### Gemessene Pegelminderung einer Rasterdecke

Die pegelmindernde Wirkung kann letztlich nur experimentell bestimmt werden. Tab. 1 führt gemessene Pegelminderungen einer Rasterdecke von  $1 \times 1$  m und einer Elementhöhe von 1 m auf. Die Elemente bestehen aus 19 mm Spanplatten mit einer beidseitigen Auflage von 50 mm Mineralwolle (Dichte:  $110 \text{ kg/m}^3$ ).

Meßpunkt	Entfernung von der Anlage m	Winkel zur Schießrichtung °	Position des Schützen				
			50 m	100 m	150 m	200 m	250 m
			dB(A)	dB(A)	dB(A)	dB(A)	dB(A)
1	1200	47	16,9	17,1	16,0	15,8	16,0
2	1250	65	15,9	-	23,1	17,3	12,6
3	1300	83	16,6	9,0	14,1	13,4	10,5

Tab. 1 A-bewertete Pegelminderung durch eine Rasterdecke in 3 verschiedenen Immissionsorten in der Nachbarschaft einer Standortschießanlage

Die Pegel wurden aus einer vergleichenden Messung zwischen der Geräuschbelastung einer abgedeckten 300 m-Schießbahn und einer dazu parallelen offenen Schießbahn bei 5 Schützenpositionen aus jeweils einer Schußserie von 20 Schuß ermittelt.