

Der Schiesslärm

P. Bakke

Institut für Hygiene und Arbeitsphysiologie, Eidg. Techn. Hochschule, Zürich

Charakteristik

Der Knall, verursacht durch einen Schuss, durch Explosion von Sprengstoff usw., ist ein Schallereignis, das einen speziellen Charakter hat. Kennzeichnend für alle Knalloszillogramme (Diagramme des entstehenden Luftdruckes) ist ein plötzlicher sehr steiler Druckanstieg, der nach Erreichung des Spitzenwertes fast linear bis zur Gleichgewichtslage abnimmt. Dann folgt eine wesentlich längere Unterdruckphase, worauf sich wieder der Gleichgewichtszustand einstellt [1, 2, 3, 4].

Der Schiesslärm setzt sich aus zwei Komponenten zusammen, dem Mündungsknall und dem Geschossknall. Die beiden Knalle unterscheiden sich ganz wesentlich voneinander. Die Vorgänge beim Mündungsknall sind unübersichtlicher und komplizierter als bei einem frei detonierenden Sprengstoff. Durch das Rohr und das Mündungsbremsen wird die Strömungsrichtung der Gase massgebend beeinflusst. Für den Mündungsknall ist auch von Bedeutung, dass ausserhalb des Rohres noch eine Detonation stattfindet, wenn die heissen Restgase (CO, H₂, CH₄) verbrennen (Mündungsfeuer). Der Geschossknall tritt bei allen Geschossen auf, die mit Überschallgeschwindigkeit, das heisst schneller als die Schallausbreitungsgeschwindigkeit, fliegen. Die Abbildungen 1 und 2 zeigen die in 7 m Abstand gemessenen Oszillogramme des Mündungsknalls und des Geschossknalls eines Sturmgewehrs.

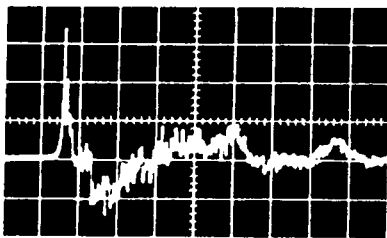


Abbildung 1
Mündungsknall eines Sturmgewehrs
Ordinatenmassstab: 2430 μ bar/Einheit. Abszissenmassstab: 1 ms/
Einheit.
Nach [8].

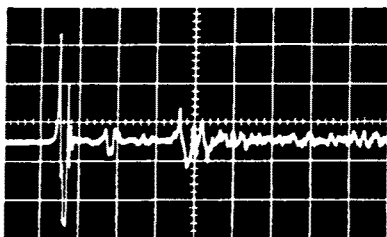


Abbildung 2
Geschossknall eines Sturmgewehrs
Ordinatenmassstab: 670 μ bar/Einheit. Abszissenmassstab: 1 ms/
Einheit.
Nach [8].

Der Schiesslärm ist in der Schweiz zu einem weitverbreiteten Problem geworden. Die Bewertung des Schiesslärms und die Beurteilung seiner Wirkungen bilden die Grundlage für Schutzmassnahmen.

In Abbildung 3 sind die Spektren dieser beiden Knalle dargestellt. Man sieht deutlich, dass das Spektrum des Geschossknalls sein Maximum bei sehr viel höheren Frequenzen hat als dasjenige des Mündungsknalls, was dem peitschenartigen, «giftigen» Charakter dieses Geräusches entspricht.

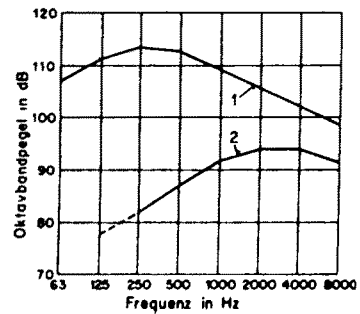


Abbildung 3
Schallspektren vom Mündungs- und Geschossknall
Kurve 1: Mündungsknall. Kurve 2: Geschossknall.
Nach [8].

Messmethoden

Der Schiesslärm wurde bisher mit Schallpegelmessgeräten in dB(A) mit der kurzen Zeitkonstanten «Fast» gemessen. Die Angabe geschieht in dB(A)-Fast. Diese Schallpegelmessgeräte sind international in allen Teilen normiert. Es wird nun aber empfohlen, in

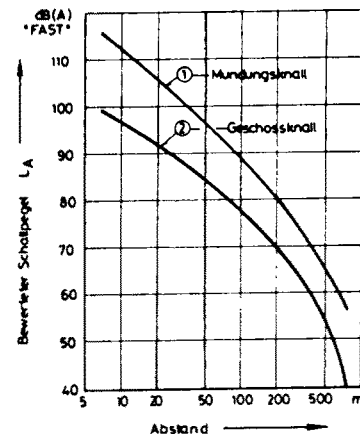


Abbildung 4
Bewerteter Schallpegel L_A eines Sturmgewehrschusses in Abhängigkeit vom Abstand
Nach [8].

Zukunft den Schiesslärm mit sogenannten Impuls-schallpegelmessgeräten zu messen. Die Angabe erfolgt dann in dB(A)-Imp., wobei zu beachten ist, dass die dB(A)-Imp. um 3 bis 12, im Mittel um 5 Einheiten grösser sind als die dB(A)-Fast [5]. Die Impulsschallpegelmesser arbeiten mit einer Zeitkonstanten von etwa 35 Millisekunden, gegenüber 100 Millisekunden der bisher gebräuchlichen «Fast-Schallpegelmesser».

Abbildung 4 zeigt den Verlauf des bewerteten Schalldruckpegels für den Mündungsknall und den Geschosknall eines Sturmgewehrs in Funktion des Abstandes. Man sieht daraus, dass der Mündungsknall in 10 m Abstand etwa 13 dB(A)-Fast und in 200 m Abstand aber nur noch etwa 10 dB(A)-Fast lauter ist als der Geschosknall.

Ausbreitung und Dämpfung

Man rechnet meistens mit einer Schallgeschwindigkeit von 340 m/s oder 3 Sekunden pro Kilometer.

Abbildung 5 zeigt den Verlauf der Kurven gleicher Lautstärke um einen Schiessplatz, der sich auf ebenem, grasbewachsenem Gelände befindet [6].

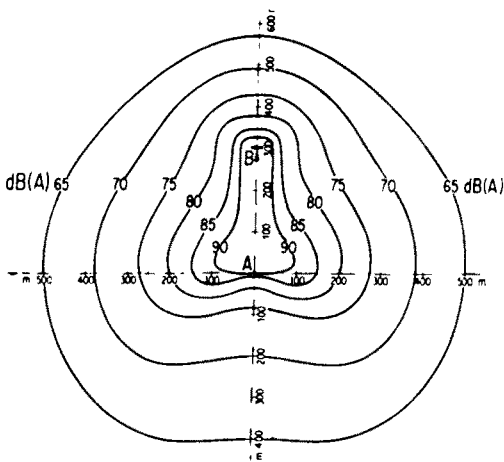


Abbildung 5
Schallfeld in der Umgebung eines Schützenhauses A und des zugehörigen Scheibenstandes B, erzeugt durch einen Sturmgewehr-schuss, berechnet für ebenes, grasbewachsenes Gelände ohne Hindernisse
Nach [8].

Die Dämpfung der Schallausbreitung besteht aus der

- geometrischen Dämpfung
- zusätzlichen Dämpfung
- Dämpfung durch natürliche und künstliche Hindernisse.

Die geometrische Dämpfung ist durch die geometrische Form der Schallquelle bestimmt. Beim Mündungsknall handelt es sich nach *Lauber* [6] um eine punktförmige Schallquelle, die pro Verdoppelung des

Tabelle 1
Zusätzliche Dämpfungen der Schallausbreitung von Schiesslärm

	Zusätzliche Dämpfungen α in (dB/100 m)							
	Schallfrequenzen in (Hz)							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
<i>Luft</i>								
15° Celsius								
75 % rel. Feuchtigk.	0,0125	0,03	0,07	0,16	0,38	0,85	2,0	4,5
<i>Nebel</i>								
30 m Sicht	0,8	1,0	1,3	1,6	2,0	2,5	3,0	4,0
<i>Gras</i>								
10-30 cm hoch	0,7	1,0	1,4	2,0	2,8	4,0	5,6	8,0
<i>Kornfelder</i>								
dichte Büsche								
lichter Wald	2,5	3,5	5,0	7,0	10	14	20	28
<i>Dichter Wald mit Unterholz (Dschungel)</i>	5,0	7,0	10	14	20	28	40	56

Abstandes um 6 dB abnimmt. Der Geschosknall dagegen reduziert sich bei Verdoppelung des Abstandes nur um 4,5 dB.

Die zusätzlichen Dämpfungen von Luft, Nebel, Gras, Büschen und Wald werden in dB(A) pro 100 m Abstand angegeben [7] (siehe Tabelle 1).

Einen besonderen Hinweis verdient der Wald als Lärmdämpfungsmittel. Die zusätzliche Dämpfung verschiedener Wälder zeigt Abbildung 6.

Zusätzliche Dämpfungen oder Verstärkungen durch Wind- und Temperaturverhältnisse können grosse Schallpegelunterschiede verursachen. Die

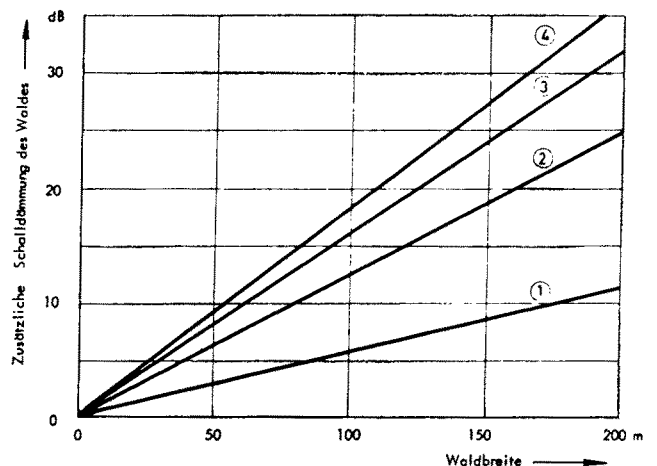


Abbildung 6
Mittlere Schallpegelabnahme durch Waldschutzstreifen verschiedener Breite und Struktur (zusätzlich zur Dämpfung freier Schallausbreitung)
Kurven: 1 Fichten-Stangenholz ohne Unterwuchs; 2 dichter Laubwald - Stangenholz mit Unterwuchs; 3 dichter mehrstufiger Mischwald; 4 Hintereinanderstaffelung dichter Waldstreifen.
Nach [8].

Dämpfung durch natürliche und künstliche Hindernisse ist eines der wichtigsten Mittel der Lärmbekämpfung.

Zivil und Militär

Wegen den speziellen Problemen, die ein Truppenübungsplatz mit sich bringt, muss man zwischen zivilen Schiessständen und Truppenübungsplätzen unterscheiden:

- Schiessstand:
 - permanente Waffenstellung
 - permanente Schiessrichtung
 - begrenzte Waffenarten
- Truppenübungsplatz:
 - mehrere Waffenstellungen
 - mehrere Schiessrichtungen
 - alle Infanteriewaffen wie HG, MG, RAK-Rohr usw.
 - Erschütterungen
 - Sicherheitsprobleme
 - Belegungszeit

Die Schiesslärmprobleme des Truppenübungsplatzes sind also viel komplizierter als die des Schiessstandes. Es gibt bis jetzt keine umfassenden Untersuchungen über Schiesslärm von Truppenübungsplätzen. Zurzeit wird eine Untersuchung über den Schiesslärm des Truppenübungsplatzes Bernhardzell, St. Gallen, gemacht; ein Zwischenbericht soll im Sommer 1974 erscheinen.

Wirkungen

Eine Schreckreaktion kann entstehen, wenn sich der Schallpegel innerhalb weniger als 0,5 s um 40 dB(A) erhöht. Dies ist zum Beispiel der Fall bei einem Sturmgewehrschuss in etwa 200 m Abstand (Schallpegel etwa 80 dB(A)-Fast bei einem Grund-

geräusch von 40 dB(A) oder einer HG-Detonation auf etwa 500 m Abstand (Schallpegel etwa 94 dB(A)-Fast bei einem Grundgeräusch von 54 dB(A)).

Im Expertenbericht über die Lärmbekämpfung bei Schiessständen [7] ist man zu dem in Abbildung 7 dargestellten Zusammenhang zwischen dem Messwert in dB(A)-Fast und der subjektiven Beurteilung der Belästigung durch Sturmgewehrscüsse gekommen.

Der Versuch hat weiter gezeigt, dass sich bei wiederholtem Schiessen die Beurteilung um rund 1 Note nach unten verschiebt. Bei wiederholtem Schiessen entsprechen der

- Note 1 (keine Belästigung) etwa 35 dB(A)-Fast
- Note 2 (schwache Belästigung) etwa 50 dB(A)-Fast
- Note 3 (mittlere Belästigung) etwa 65 dB(A)-Fast
- Note 4 (starke Belästigung) etwa 80 dB(A)-Fast
- Note 5 (unerträgliche Belästigung) etwa 95 dB(A)-Fast

Diese Ergebnisse bestätigen die Erfahrung, dass bei Schiesslärmpegelwerten über 70 dB(A)-Fast in Wohngebieten mit häufigen Reklamationen zu rechnen ist.

Tabelle 2 enthält einen Vorschlag für Grenzrichtwerte für Schiesslärm.

Tabelle 2
Grenzrichtwerte für Schiesslärm
Vorschlag des Autors

Zone	Anzahl Schiessstage pro Jahr		
	< 100 Tage dB(A)-Fast	101-150 Tage dB(A)-Fast	> 150 Tage dB(A)-Fast
Kurzzone	55	50	45
Wohnzone	60	55	50
Industriezone, Landwirtschaftszone	75	70	65

Massnahmen

Planerische Massnahmen:

- Standortwahl mit Berücksichtigung von Grenzrichtwerten für Schiesslärm
- Schiessstand bei hindernisfreiem Gelände mindestens 500 m vom nächsten Wohnhaus entfernt
- Ausnutzung natürlicher topographischer Hindernisse (Graben, Waldschneise)

Organisatorische Massnahmen:

- Zusammenfassung kleiner kommunaler zu grösseren regionalen Schiessanlagen
- bessere Ausnutzung der Schiessanlagen und Verkürzung der Schiesszeiten
- Einführung der Polytronic-Scheiben
- schalldämmende Hindernisse
- zeitliche Einschränkungen
- Waffeneinsatzbeschränkungen (Truppenübungsplatz)

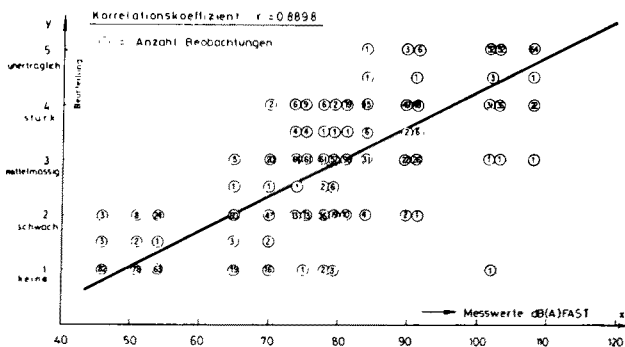


Abbildung 7
Zusammenhang zwischen der objektiven Messung und der subjektiv empfundenen Belästigung durch Schiesslärm
22 Versuchspersonen. Noten: 1 keine Belästigung; 2 schwache Belästigung; 3 mittlere Belästigung; 4 starke Belästigung; 5 unerträglich.
Nach [8].

Wo solche Massnahmen bei der Schiessanlage selbst nicht ausreichen, muss man die Umgebung aufgrund von Lärmmessungen und Grenzrichtwerten in Zonen aufteilen:

1. Zonen mit grosser Lärmbelastung: kein Dauer-aufenthalt für Menschen
2. Zonen mit mittlerer Lärmbelastung: kein zukünftiger Wohnungsbau
3. Zonen mit zumutbarer Lärmbelastung: ohne Einschränkungen.

Zusammenfassung

Charakteristisch für den Schiesslärm ist der plötzliche, sehr steile Druckanstieg, der nach Erreichung des Spitzenwertes fast linear bis zur Gleichgewichtslage abnimmt. Der Schiesslärm wird mit Schallpegelmessgeräten in dB(A)-Fast gemessen. Wegen den speziellen Problemen, die ein Truppenübungsplatz mit sich bringt, muss man zwischen zivilen Schiessständen und Truppenübungsplätzen unterscheiden. Der Expertenbericht über die Lärmbekämpfung bei Schiessständen [8] gibt Auskunft über die zivilen Schiesslärmprobleme. Es gibt bis jetzt keine umfassende Untersuchung über den Schiesslärm von Truppenübungsplätzen; zurzeit wird eine Untersuchung über den Schiesslärm des Truppenübungsplatzes Bernhardzell, St. Gallen, durchgeführt.

Résumé

Le bruit des champs de tir

Le bruit des armes à feu est caractérisé par une élévation brusque de la pression suivie par un déclin presque linéaire jusqu'à la valeur initiale, après avoir atteint la valeur maximum. Le bruit des armes à feu est mesuré avec des sonomètres et exprimé en dB(A)-Fast. Il faut distinguer entre les stands de tir civils et les champs de tir militaires, car chacun d'eux pose des problèmes différents. L'expertise sur la lutte contre le bruit des stands civils [8] traite des problèmes causés par le tir civil. Jusqu'à présent, il n'existe pas de résultats d'études compréhensives sur le bruit des champs de tir militaires; une étude de ce genre est actuellement en cours au champ de tir de Bernhardzell, St. Gall.

Summary

Shooting noise

Characteristic for shooting noise is the sudden, very rapid increase of pressure which, after having reached the peak, decreases practically linearly to the state of balance. Shooting noise is measured by means of sound-level meters in dB(A)-Fast. On account of the specific problems connected with a military training-ground, we have to discriminate between civil and military training-grounds. The expert report on noise reduction at rifle-ranges [8] provides information on civil shooting noise problems. So far no extensive study on shooting noise at military training-grounds exists; at present a study is carried through on shooting noise at the military training-ground of Bernhardzell, St. Gallen.

Literatur

- [1] *Furrer W. und Weber H.*: Der Knall als physikalisches und mathematisches Problem. Techn. Mitt. schweiz. PTT, 24/6, 1. 12. 1946.
- [2] *Furrer W.*: Die Akustik des Knalls. Schweiz. Arch. ang. Wiss. 12, 1946.
- [3] *Kinney G. F.*: Explosive shocks in air. New York: McMillan 1962.
- [4] Sonic Boom Symposium. J. acoust. Soc. Amer. 39/5, part 2, 1966.
- [5] *Gilgen A.*: Lärm. Forschungsauftrag FAP I.C.1.2/II.2 des Instituts für Orts-, Regional- und Landesplanung der ETH Zürich 1971.
- [6] *Lauber A., Eichenberger E. und Wichser H.*: Der Schiesslärm in der Umgebung von Schiessständen. Schweiz. Bauz. 86/46, 1968.
- [7] *Furrer W. und Lauber A.*: Raum- und Bauakustik, Lärmabwehr. 3. Auflage. Basel: Birkhäuser 1971.
- [8] *Hongler O.*: Expertenbericht über die Lärmbekämpfung bei Schiessständen. Bern 1971.

Adresse des Autors

Per Bakke, dipl. arch., dipl. ing. ETH-Z, Institut für Hygiene und Arbeitsphysiologie der ETH-Z, Clausiusstrasse 25, CH-8006 Zürich.