

Nr. 50

Untersuchungen zu
Schießlärmminderungen,
dargestellt an Fall-
beispielen

Herausgeber:

Landesanstalt für Immissionsschutz
des Landes Nordrhein-Westfalen
Wallneyer Straße 6

D-4300 Essen 1

1984

ISSN 0720-8499

Untersuchungen zu
Schießlärminderungen,
dargestellt an Fallbeispielen

K.H. Goldberg

K.H. Goldberg

Z u s a m m e n f a s s u n g

Bei der Übertragung von Schußsignalen aus nicht überdachten Schießständen in die Nachbarschaft haben offenbar neben der Meteorologie noch weitere Randbedingungen einen erheblichen Einfluß auf die Schallausbreitung und damit auch auf den Immissionspegel. Je nach Lage des Immissionsortes im Einwirkungsbereich der Anlagen können in Abhängigkeit vom Standort des Schützen, der Schußrichtung, der Geschossgeschwindigkeit sowie der Reflexionsmöglichkeiten des Mündungs- und/oder Geschosknalles an Schießblenden, Wällen oder Waldgrenzen große Pegelunterschiede auftreten. Die Reflexionseinflüsse sind insbesondere dann zu beachten, wenn bei Richtwertüberschreitungen die Ausarbeitung von Minderungsmaßnahmen erforderlich wird. Ob und in welchem Ausmaß Reflexionen auftreten, läßt sich durch Messung der Zeitverläufe des Schalldruckes bzw. -pegels am Immissionsort ermitteln. Nur mit Hilfe dieser Zeitverläufe lassen sich die pegelbestimmenden Geräuschanteile der einzelnen Schußsignale erkennen und damit mögliche Fehlinvestitionen bei Minderungsmaßnahmen vermeiden.

S u m m a r y

The propagation of shot signals from open-air shooting stands is not only influenced by meteorological parameters. Depending on the location of the regarded point in the area affected by the shooting noise great differences of the noise levels may occur in dependence of the position of the shooter, the shot direction, the bullet velocity and of the reflections of the rifle impulsive noise and/or the bullet impulsive noise at shooting stand safety-frames, mounds or border of forests. Particular attention ought to be paid to the influence of reflections when noise levels exceed limiting-values and thus necessitate the elaboration of noise reducing measures. The occurrence of reflections and their extent can be determined by measurements of the time-histories of the noise pressure or the noise pressure levels at the measuring point. Only with these time-histories the essential parts of the time depending noise level caused by the shooting signal can be determined. Unnecessary investments in noise reducing measures can thus be avoided.

E i n l e i t u n g

Nach der 4. BImSchV vom 14.02.1975 [1] gehören nicht der Landesverteidigung dienende Schießstände und Schießplätze zu den genehmigungsbedürftigen Anlagen. Ihre akustische Bedeutung im Hinblick auf den Immissionsschutz wird durch die spezifischen Unterschiede der Nutzungsart geprägt. Luftgewehrschießstände beispielsweise befinden sich häufig in geschlossenen Räumen; der hier stattfindende Schießbetrieb gibt kaum Anlaß zu Beschwerden. Bei Kleinkaliberschießständen, Schießständen für jagdliches Schießen und Freizeitschießplätzen handelt es sich jedoch in der Regel um Freianlagen, deren Einwirkungsbereich, bestimmt durch die verwendeten Waffen- und Munitionsarten, bis zu Entfernungen von ca. 1500 m vom Emissionsort reichen kann.

Schießgeräuscheinwirkungen erhalten ihre grundsätzliche Bedeutung durch den impulshaltigen Pegel-Zeitverlauf der einzelnen Schußsignale, durch die Auffälligkeit dieser Signale bei häufig niedrigem Hintergrundpegel sowie durch die allgemeine Einstellung der Betroffenen zu Schießübungen. Häufig werden aber auch Beschwerden ausgelöst durch geringer werdende Abstände zwischen Schießplätzen und Wohnbereichen, durch höhere Auslastung vorhandener Anlagen oder durch die Erstellung neuer Schießstände.

Prinzipiell wären folgende Maßnahmen geeignet, den Schallpegel von Schießständen zu reduzieren:

- Vergrößerung des Abstandes zwischen Schießplatz und Immissionsbereich,
- Überbauung der Schießplätze,
- Errichtung von Abschirmwällen oder -wänden,
- Schießen aus schallschluckenden Kabinen heraus,
- Schießen durch schallschluckende Schleusen,
- Benutzung von Schalldämpfern,
- zeitliche Beschränkung des Schießbetriebes,
- Benutzung bestimmter Waffen-Munitionskombinationen.

Wie die Zusammenstellung erkennen läßt, handelt es sich bei den angegebenen Minderungsmöglichkeiten vorwiegend um Maßnahmen, die die Schallausbreitung bzw. -übertragung beeinflussen. Manche dieser Maßnahmen lassen sich wegen sicherheitstechnischer Anforderungen an den Schießbetrieb nicht generell anordnen, andere können wegen der Größe der Anlagen nicht oder nur in begrenztem Umfang ausgeführt werden bzw. erfordern einen finanziellen Aufwand, der für den Betreiber nicht tragbar ist.

Bei den Maßnahmen zur Verminderung der Schallemission, die im allgemeinen auch im Hinblick auf die Kosten besonders effizient sind, bieten sich dagegen nur wenige Möglichkeiten an. Die Verwendung von Schalldämpfern beispielsweise ist verboten, würde unabhängig davon aber auch auf großen Widerstand bei den Schützen stoßen. Hinzu kommt, daß diese Maßnahme bei Schießarten mit Geschossgeschwindigkeiten oberhalb der Schallgeschwindigkeit wegen des dann zusätzlich auftretenden Geschosßknalles ohnehin nur als Teillösung angesehen werden kann. Die zu erwartende Minderung bei vorgegebener Benutzung bestimmter Waffen- und Munitionskombinationen ist an einem Tontaubenschießstand untersucht worden; die Ergebnisse sind in dem Kapitel "Untersuchungen zum Einfluß von Waffen und

Munition" dargelegt.

Auf Minderungsmöglichkeiten durch organisatorische Maßnahmen unter Berücksichtigung der zur Zeit gültigen Meß- und Beurteilungsverfahren wird im Kapitel "Meßgrößen" näher eingegangen; hiermit lassen sich, gemessen am Aufwand, die deutlichsten Auswirkungen auf den Beurteilungspegel von Schießgeräuscheinwirkungen erzielen.

1. P r o b l e m s t e l l u n g

Allgemein ist heute eine gewisse Ratlosigkeit zu beobachten, wenn in geplanten oder bestehenden Situationen die Vorausberechnung der Wirksamkeit von Minderungsmaßnahmen an Schießständen erforderlich wird. Diese Ratlosigkeit basiert nicht zuletzt auf der Tatsache, daß für die einzelnen Anlagen jeweils nur eine bestimmte Maßnahme vorgeschlagen wurde und nach deren Ausführung häufig nur enttäuschend geringe Minderungen festgestellt werden konnten.

Auch von der LIS sind im Rahmen der Auftragsabwicklung zur meßtechnischen Erfassung und Beurteilung von Schießgeräuschemissionen nur Teilprobleme angegangen worden. In diesem Bericht werden Ergebnisse von Untersuchungen an einer Schallschutzkabine und an einem Wall auf Tontaubenschießanlagen sowie an einer Schallschutzkabine und an einer schallabsorbierenden Blendenverkleidung auf einer Standortschießanlage dargelegt. Es wird aber auch aufgezeigt, warum bei den verschiedenen Maßnahmen der erwartete Erfolg nicht oder nur in begrenztem Umfang erzielt wurde. Dabei wird insbesondere auf die Problematik der Reflexion von Mündungs- und/oder Geschoßknallen an Hindernissen näher eingegangen, die in vielen Fällen als Ursache für geringe Minderungserfolge angesehen werden muß.

Die Minderungsmaßnahmen selbst wurden zum Teil vom Betreiber des Schießstandes ausgeführt. Damit sind sowohl bezüglich des Aufwandes als auch der Qualität und damit eventuell auch bezüglich der Wirksamkeit Abstriche zu machen gegenüber ähnlichen, von Fachfirmen erstellten Ausführungen. Aus diesem Grunde können die anschließend dargelegten Ergebnisse nur Hinweise liefern über den mit verschiedenen Maßnahmen erzielbaren Trend der Minderungen, keinesfalls aber über das damit absolut erreichbare Minderungsausmaß.

2. A r t u n d A u s b r e i t u n g v o n S c h u ß s i g n a l e n

Prinzipiell können beim Abfeuern eines Schusses zwei akustische Signale auftreten, deren Merkmale steile Druckanstiege, d.h. kurze Druckänderungszeiten, sowie hohe Druck-Spitzenwerte sind.

In jedem Fall ist der sogenannte Mündungsknall zu beobachten, der durch die Explosion der Geschoßladung entsteht. Typisch für den Signalverlauf ist die annähernd lineare Abnahme des Druckes nach Erreichen des Spitzenwertes (siehe

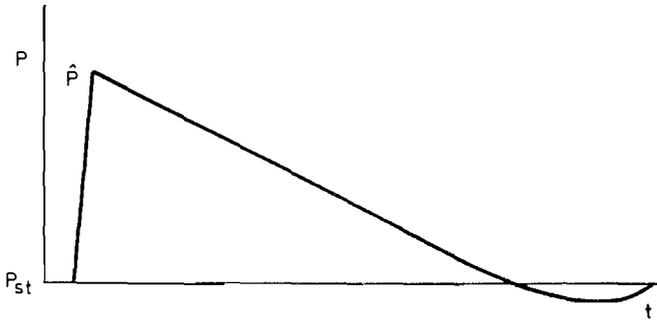


Abb. 1: Schematischer Druck-Zeit-Verlauf eines Mündungsknalles

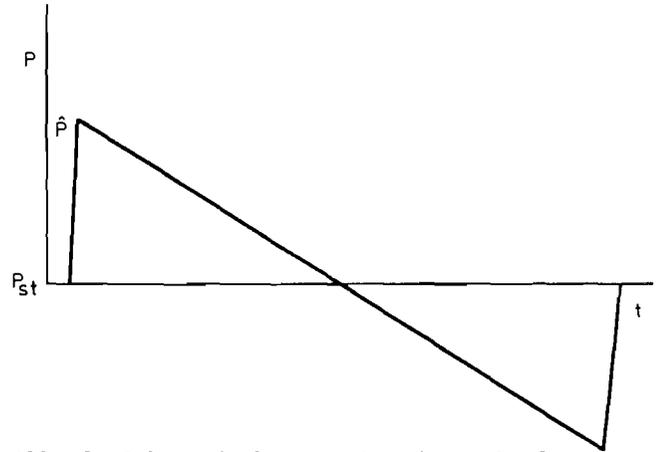


Abb. 2: Schematischer Druck-Zeit-Verlauf eines Geschoßknalles

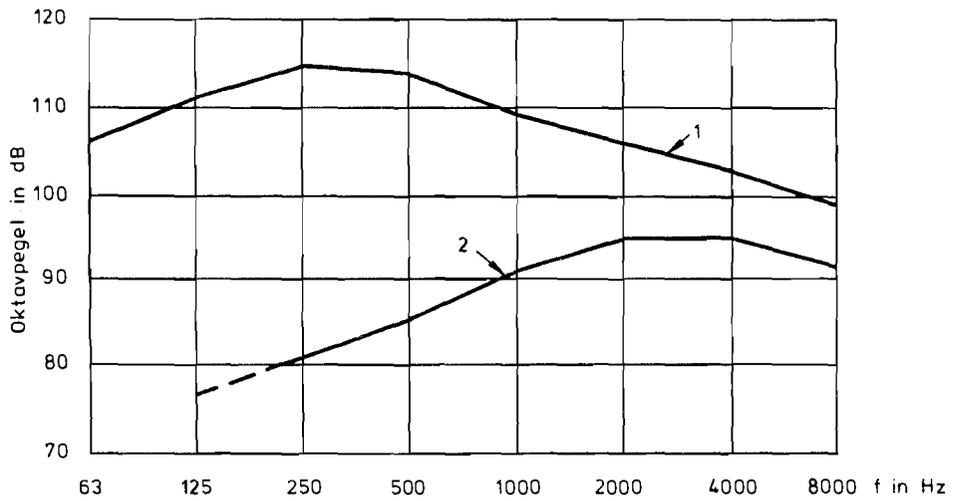


Abb. 3: Oktavspektrum eines Mündungs-(1) und eines Geschoßknalles (2)

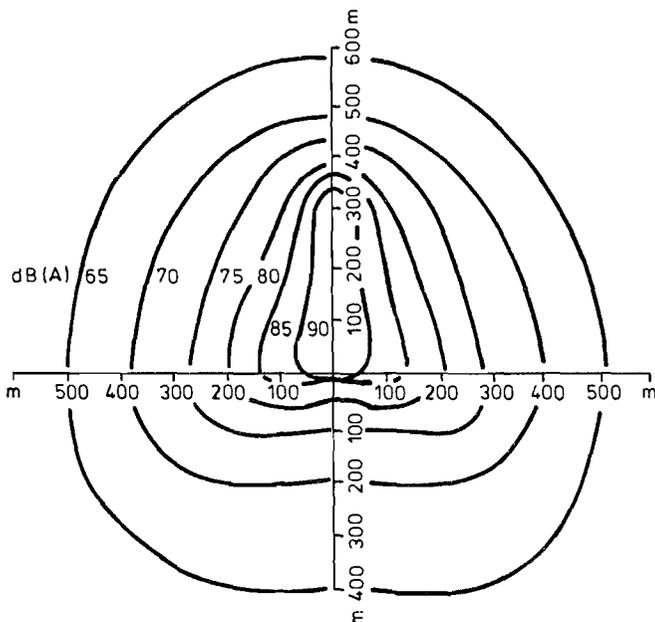


Abb. 4: Richtcharakter des Mündungsknalles

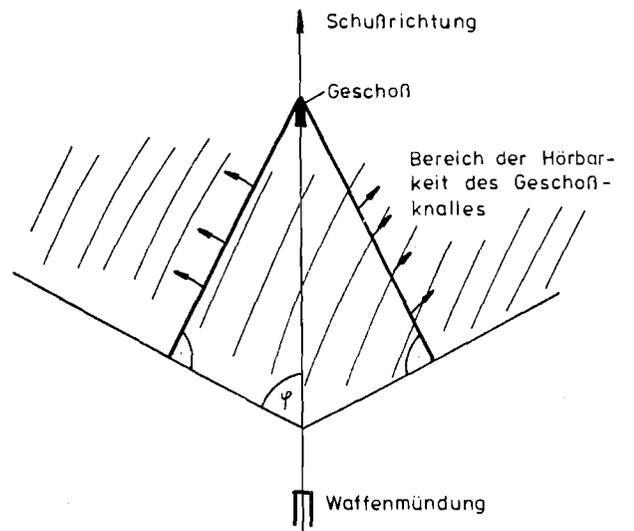


Abb. 5: Ausbreitung des Geschoßknalles

Abbildung 1).

Beim Abfeuern von Munitionssorten, deren Geschossgeschwindigkeit größer ist als die Schallausbreitungsgeschwindigkeit, entsteht neben dem Mündungsknall ein Geschosknall, dessen Signalverlauf einer N-Form entspricht (siehe Abbildung 2).

Beide Signale unterscheiden sich sowohl in der Schallintensität als auch in der Frequenzzusammensetzung; in Abbildung 3 ist ein typisches Beispiel von Frequenzspektren des Mündungs- und Geschosknalles wiedergegeben.

Der Mündungsknall besitzt im Nahbereich der Waffe eine ausgeprägte Richtcharakteristik (siehe Abbildung 4).

In größerem Abstand von der Waffe kann der Mündungsknall als punktförmige Schallquelle angesehen werden; die geometrische Ausbreitungsdämpfung beträgt damit -6 dB je Abstandsverdoppelung.

Der Geschosknall breitet sich als kegelförmige Fläche aus, die längs der Flugbahn des Geschosses mitgeschleppt wird (siehe Abbildung 5).

Für die Ausbreitungsdämpfung muß die Energieverteilung auf die größer werdende Kegeloberfläche berücksichtigt werden. Man rechnet mit einer Pegelabnahme von -4,5 dB je Verdoppelung des senkrecht zur Geschosbahn gemessenen Abstandes [2].

Beide Signale unterliegen darüber hinaus auf dem Ausbreitungsweg den zusätzlichen Dämpfungen durch Luft- und Bodenabsorption sowie Abschirmung und den meteorologischen Einflüssen [3]. Die Signalform wird auf dem Ausbreitungsweg durch Reflexion der Schallwelle am Boden und an Hindernissen wie Schießblenden, Wälle, Wald und Gebäude stark verformt.

3. M e ß g e r ä t e u n d M e ß v e r f a h r e n z u r E r m i t t l u n g u n d B e u r t e i l u n g v o n S c h u ß s i g n a l e n

Im Nahbereich der Waffen sind zur korrekten Erfassung der steilen Druckanstiege und der hohen Spitzenwerte der Signale große Anforderungen an die verwendeten Meßgeräte einschließlich der Mikrofone zu stellen. Die Anforderungen beziehen sich im wesentlichen auf den Dynamikbereich und den Frequenzgang [4]. Zur Beurteilung der Geräuscheinwirkungen im Hinblick auf mögliche Gehörschäden wird der Spitzenwert des Schalldruckes eines Knalles gemessen. Zusammen mit einer aus dem Druckzeitverlauf ermittelten Einwirkdauer wird daraus eine Kenngröße gebildet. Aufgrund der Kenngröße läßt sich mit Hilfe eines auf der Basis umfangreicher Untersuchungen erstellten "vorläufigen Grenzpegeldiagrammes zur Hörschädenvermeidung" [5] für den Schützen bzw. das Bedienungspersonal von Waffen die zulässige Zahl von Knalleinwirkungen je Tag ermitteln.

Die nachfolgend beschriebenen Untersuchungen erfolgten im Regelfall im Nachbarschaftsbereich von Schießanlagen. Die geringsten Abstände zu den Waffen be-

trugen 75 m. In diesen und größeren Entfernungen lassen sich die gängigen Präzisionsschallpegelmesser verwenden, ohne daß wesentliche Meßfehler zu erwarten sind. Gemessen wird im Immissionsbereich in der Regel der A-bewertete Effektivwert des Schalldruckes. Strittig ist zur Zeit noch die zu verwendende Anzeigedynamik. Da früher die Anstiegskonstante der Meßgeräte in der Anzeigedynamik "fast" nicht eindeutig definiert war und außerdem von vielen Stellen die Auffassung vertreten wurde, daß Schußsignale nur mit kürzeren Zeitkonstanten gehörmäßig "richtig" erfaßt werden können, ergab sich die Forderung nach einem Schallpegelmesser mit der Anzeigedynamik "impulse", dessen Anstiegskonstante auf 35 ms festgelegt wurde.

Nachdem derartige Impulsschallpegelmesser zur Verfügung standen, wurde in einigen Bundesländern durch Erlaß die Ermittlung des Meßwertes L_{AImax} bei der Messung von Schießgeräuscheinwirkungen vorgegeben. Zur Kennzeichnung und Beurteilung soll der Mittelungspegel L_{AITm} in der Beurteilungszeit gebildet werden.

In NRW wird bislang auch zur Ermittlung von Schießgeräuscheinwirkungen der A-bewertete Schallpegel in der Anzeigedynamik "fast" gemessen, zumal die Aufsichtsbehörden hier mit Geräten ausgerüstet sind, deren Netzwerk in der Anzeigedynamik "fast" gemäß Norm IEC 651 [6] über eine Zeitkonstante von 125 ms verfügt und die darüber hinaus bauartzugelassen und geeicht sind. Zur Kennzeichnung und Beurteilung der Geräuschsituation wird das Wirkpegelverfahren gemäß TA Lärm [7] angewandt.

Unabhängig von der Art des gewählten Meßverfahrens ist nicht zu übersehen, daß sich im Gegensatz zu ständig vorhandenen Geräuschimmissionen aus gewerblichen Anlagen die häufig kurzen Betriebszeiten von Schießständen bei Umrechnung der Wirkpegel auf den Beurteilungszeitraum in hohem Maße pegelreduzierend auswirken.

Bislang sind im Bereich der Belästigung nur wenige Untersuchungen durchgeführt worden mit dem Ziel nachzuweisen, welche Meßwerte und Kennzeichnungsverfahren bei Schießgeräuscheinwirkungen am ehesten mit der Wirkung auf die Betroffenen korrelieren [8], [9]. Wird das Wirkpegelverfahren vorerst beibehalten, liegt eine Minderungsmöglichkeit im organisatorischen Bereich: Bei höherer Auslastung eines Schießplatzes werden die Pausen zwischen den einzelnen Schußereignissen kürzer, ohne daß die einzelnen Takt-Maximalpegel dadurch nennenswert angehoben würden; die dann insgesamt kürzere Betriebszeit wirkt sich dagegen pegelreduzierend aus.

Bei den nachfolgend beschriebenen Untersuchungen stand die Beurteilung der Geräuschimmissionssituation nicht im Vordergrund. Als Meßgröße zur Beschreibung von Veränderungen wurde im wesentlichen der Schallpegel L_{AFmax} herangezogen, je nach Aufgabenstellung ist aber auch der L_{AImax} - bzw. L_{Apeak} -Wert gemessen worden. Alle jeweils ermittelten Meßgrößen sind nachfolgend wiedergegeben.

4. U n t e r s u c h u n g e n a n T o n t a u b e n - S c h i e ß - s t ä n d e n

4.1. Situationsbeschreibung

Tontauben-Schießstände sind im Freien gelegene Anlagen, auf denen mit Schrotmunition auf Tonscheiben geschossen wird, die mit Hilfe von Wurfmaschinen in das Schußfeld geschleudert werden. Die Anlagen unterscheiden sich nach den beiden Schießarten "Trap" bzw. "Skeet"; anhand der Abbildungen 6 und 7 lassen sich die prinzipiellen Unterschiede der beiden Schießarten erläutern:

Beim Trapschießen befinden sich in zwei Reihen hintereinander je 5 nebeneinander liegende Schießpositionen. Die Wurfmaschine ist in einem Unterstand vor den Schießpositionen untergebracht. Die der Wurfmaschine nächstbenachbart gelegene Positionsreihe wird beim jagdlichen Trapschießen benutzt, die hintere Positionsreihe dient dem sportlichen Trapschießen mit Voranschlag. Bei dieser Schießart wird immer den davonfliegenden Tontauben nachgeschossen (siehe Abbildung 6).

Beim Skeetschießen sind 7 Schießpositionen auf einem Halbkreis angeordnet; an den beiden Endpunkten des Halbkreises befinden sich in kleinen Gebäuden die Tontaubenwurfmaschinen (Hoch- und Niedrighaus). Von jeder Position aus wird auf je eine Tontaube geschossen, die nacheinander aus dem Hoch- bzw. Niedrighaus geworfen wird. Zusätzliche Schießübungen sind das Dublettschießen, wobei aus dem Hoch- und Niedrighaus gleichzeitig Tontauben geschleudert werden sowie das Schießen von einer Position mittig auf der Verbindungslinie zwischen den beiden Wurfhäusern beim Überkopfschießen (siehe Abbildung 7).

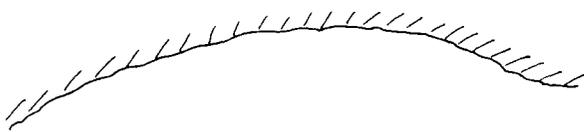
Im Regelfall sind die Schießarten Trap und Skeet auf einer Anlage miteinander kombiniert.

Bei beiden Schießarten lassen sich die Wurfmaschinen auch so einstellen, daß innerhalb des möglichen Wurfbereiches die Flugrichtung der Tontauben in einer vom Schützen nicht vorhersehbaren Richtung erfolgt.

Das akustische Problem bei Tontaubenschießständen ist darin zu sehen, daß beim Schießbetrieb der Standort der Quelle und die Schußrichtung sowohl bei einem Durchgang in einer Schießart als auch im Vergleich beider Schießarten miteinander nicht beibehalten werden. In Abhängigkeit von der Lage des Immissionsbereiches kann dieser ständige Wechsel große Schwankungen der einwirkenden Geräuschpegel hervorrufen.

4.2. Untersuchungen zum Einfluß von Waffen und Munition

Auf Tontaubenständen werden durchweg Flinten mit Kaliber 12 bzw. 16 eingesetzt; die Läufe der Waffen können verschieden lang sein. Die verwendete Schrotmuni-



Schußfeld



Schußfeld

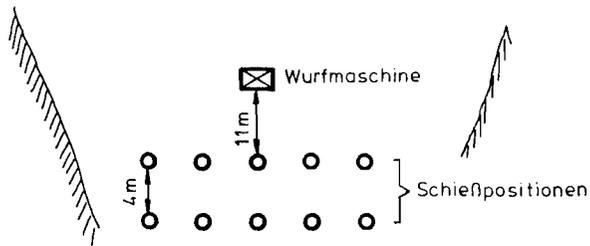


Abb. 6: Skizze einer Trap-Schießanlage

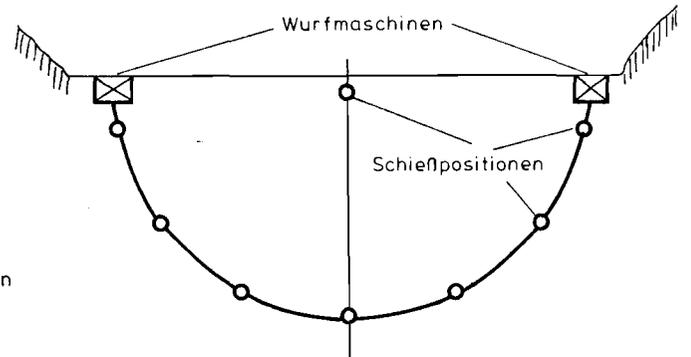


Abb. 7: Skizze einer Skeet-Schießanlage

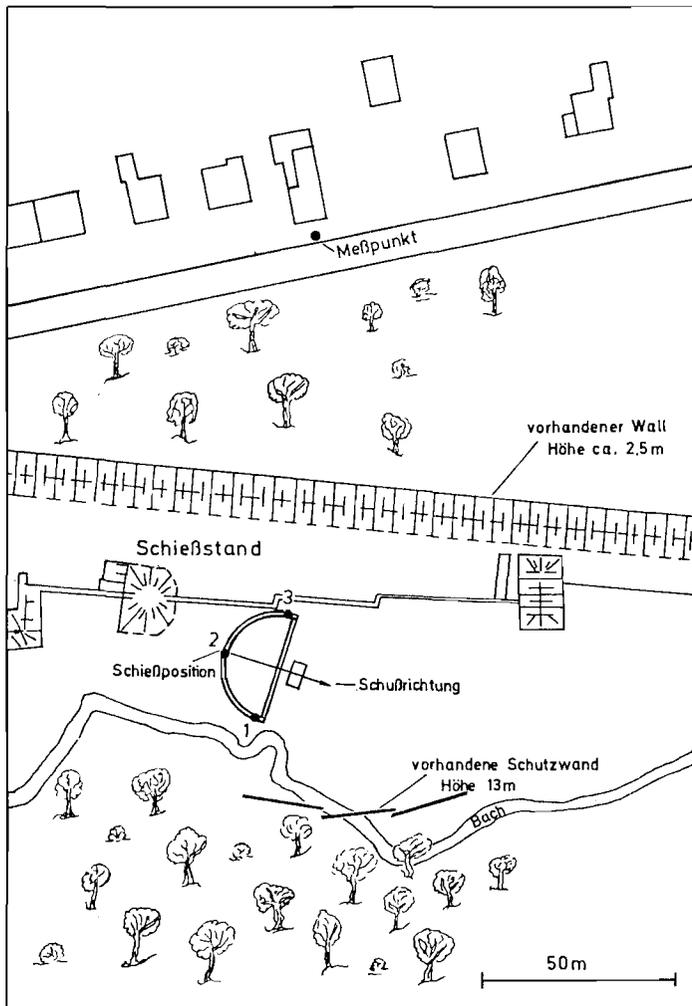


Abb. 8: Lageplan eines Skeet-Schießstandes

tion ist in Abhängigkeit vom Hersteller unterschiedlich, bezüglich der Schrotstärke wird auf Schießständen im allgemeinen die Verwendung von Munition mit Schrotdurchmesser bis max. 2,5 mm vorgegeben. Nach Firmenangaben liegen die Geschößgeschwindigkeiten bei allen Schrotmunitionssorten im Unterschallbereich. Aus dem vielfältigen Angebot der Hersteller ergeben sich die unterschiedlichsten Waffen-Munitionskombinationen.

Beim Schießbetrieb auf Trap- oder Skeetständen entsteht in der Nachbarschaft häufig der Eindruck, bestimmte Waffen-Munitions-Kombinationen würden höhere oder auch niedrigere Immissionspegel hervorrufen. Wenn sich dieser subjektive Eindruck meßtechnisch bestätigen ließe, wäre bei eventuellen Richtwertüberschreitungen als eine Minderungsmaßnahme die ausschließliche Verwendung geräuscharmer Waffen-Munitions-Kombinationen denkbar.

Bislang sind Ergebnisse derartiger vergleichender Untersuchungen nur für den Emissionsbereich bekannt [10]. In der Nachbarschaft eines Schießstandes einer Kreisgruppe im Deutschen Jagdschutzverband konnten entsprechende Versuche im Immissionsbereich durchgeführt werden.

Die örtliche Situation läßt sich anhand des Lageplans in Abbildung 8 erläutern. Geschossen wurde von der mittleren Halbkreis-Position der Skeetanlage; die Schußrichtung wurde bei der Untersuchung durch Anvisieren eines Zieles beibehalten. Der Meßort lag ca. 100 m von dem Emissionsort entfernt unter einem Winkel von 100° zur Schußrichtung, die Meßpunkthöhe betrug 5 m. Das Gelände zwischen dem Schießstand und dem Immissionsort war mit 4 bis 5 m hohen Bäumen bewachsen; innerhalb des Waldes verlief ein ca. 2,5 m hoher, mit Büschen und niedrigen Bäumen bewachsener Wall. In der Hauptschußrichtung für das Skeetschießen befindet sich als Abschluß des Schußbereiches und zum Schutz des anschließenden Baumbestandes eine 13 m hohe Holzwand, bestehend aus 3 je 20 m langen Einzelsegmenten, die so angeordnet sind, daß sich ein leicht gekrümmter Wandverlauf ergibt. Aus Vorwissen war zu erwarten, daß an der Holzwand bzw. an dem angrenzenden 15 m hohen Baumbestand Reflexionen des Mündungsknalles auftreten würden. In der Nachbarschaft mußte deshalb der Immissionspegel jedes Schusses durch zwei deutlich voneinander getrennte Impulse gekennzeichnet sein, wobei der erste Impuls durch den Mündungsknall und der zweite durch den an der Holzwand bzw. an dem anschließenden Wald reflektierten Schall hervorgerufen wurde. Da hier allein der reflektierte Schallanteil pegelbestimmend wirkte, wurde nur dieser in der nachfolgenden Ergebnistabelle dargelegt.

Bezüglich aller möglichen Waffen-Munitions-Kombinationen wurden die Untersuchungen auf folgende Variationen beschränkt:

4.2.1. Waffen: Flinten Kaliber 12 mit Lauflängen von 600 und 710 mm

Munition:

Firmenbezeichnung der Munitionshersteller	Herstellungsland	Schrotmassen und Schrotdurchmesser nach Firmenangabe	
		gr.	mm
Rottweil Stern	Bundesrepublik	34	2,41
Gevolot	Frankreich	30,5	2,41
Horrido	DDR	36	2,41
Rottweil	Bundesrepublik	36	2,41
Waidmannsheil			
Winchester	USA	32	2,41

4.2.2. Waffen: Flinten Kaliber 16 mit Lauflängen von 600 und 700 mm

Munition:

Firmenbezeichnung der Munitionshersteller	Schrotmassen und Schrotdurchmesser nach Firmenangabe	
	gr.	mm
Rottweil Stern	29	2,41
Gevolot	26,5	2,41
Horrido	30	2,41
Rottweil	31	2,41
Waidmannsheil		

In der Regel wurden je Waffen-Munitions-Kombination 4 Schuß abgegeben. In der Tabelle 1 sind die Meßergebnisse als arithmetische Mittelwerte der L_{AFmax} -Pegel aller Schüsse je Kombination sowie die Schwankungsbreite R als Differenz zwischen den maximalen und minimalen Einzelwerten zusammengestellt.

Vergleicht man in der Tabelle 1 die aufgeführten Mittelwerte einer Zeile miteinander, so ist zu erkennen, daß sich die Mittelwerte der Pegel beim Schießen mit verschiedenen Munitionssorten nur um höchstens 3 dB unterscheiden. Vergleicht man die Ergebnisse bei gleichem Kaliber und verschiedenen Lauflängen, so läßt sich wegen der geringen Unterschiede nicht nachweisen, daß die hier untersuchten kürzeren Lauflängen einen höheren Schallpegel hervorrufen. Auch die unterschiedlichen Kaliber bei vergleichbaren Lauflängen haben offensichtlich keinen nennenswerten Einfluß auf die Geräuschestehung.

Aufgrund dieser Ergebnisse ist zu erwarten, daß bei Richtwertüberschreitungen im Immissionsbereich durch Schießbetrieb auf Tontaubenständen mit der Bevorzugung einer bestimmten Waffen-Munitions-Kombination keine deutliche Minde-

Tabelle 1: Arithm. Mittelwert $\overline{L_{AF}}$ der L_{AFmax} -Pegel bei N = 4 Schuß und Schwankungsbreite R in dB.

Immissionspegel in 100 m Abstand von einer Skeetanlage beim Schießen mit verschiedenen Waffen-Munitionskombinationen

Herstellungsland Typenbezeichnung		D Rottw.Stern		F Gevolot		DDR Horrido		D Rottw.Waid- mannsheil		Mittelw.	USA Winchester	
Kaliber	Lauf­länge mm	$\overline{L_{AF}}$	R	$\overline{L_{AF}}$	R	$\overline{L_{AF}}$	R	$\overline{L_{AF}}$	R		$\overline{L_{AF}}$	R
12	600	82	3	85	1	83	3	84	4	83,5	84	5
12	710	84	2	82	5	82	5	83	3	82,75	83	4
16	600	82	2	83	2	80	2	82	2	81,75		
16	700	82	2	83	4	81	5	82	4	82		
Mittelwert		82,5		83,75		81,5		82,75				

rung des Immissionspegels erzielt werden kann. Außerdem wurden damit auch für den Immissionsbereich die Untersuchungsergebnisse bestätigt, die nach [10] für den Nahbereich ermittelt worden sind.

4.3. Untersuchungen zur Wirksamkeit von Minderungsmaßnahmen an Tontaubenschießständen

4.3.1. Minderung durch eine Schallschutzkabine

Schallschutzkabinen am Standort des Schützen können dann zur Minderung des Immissionspegels führen, wenn aufgrund der örtlichen Gegebenheiten a) Reflexionseinflüsse von geringer Bedeutung sind und b) die betroffene Nachbarschaft entgegengesetzt zur Schußrichtung liegt.

Auf einem Schießstand einer Kreisgruppe im Deutschen Jagdschutzverband waren die Trap- und Skeetanlage einschließlich der Schußrichtung getrennt voneinander angeordnet. Die Trapanlage, auf der wesentlich häufiger geschossen wurde als auf der Skeetanlage, hatte nur eine Schußposition. Aus diesem Grunde bot es sich an, als Minderungsmaßnahme eine Lärmschutzkabine für den Trapstand vorzuschlagen.

Der Immissionsort befand sich in 160 m Entfernung vom Trapstand entgegengesetzt zur Schußrichtung. In Schußrichtung wurde die Trapanlage in ca. 80 m Entfernung durch einen 15 - 20 m hohen Baumbestand begrenzt (siehe Abbildung 9).

Die Schallschutzmaßnahme bestand aus der Errichtung einer Kabine mit den Abmessungen 2 x 3 m bei ca. 2,5 m Höhe. Die Kabine war in Schußrichtung offen, die übrigen Seitenflächen und das Dach bestanden aus möglichst fugenlos über

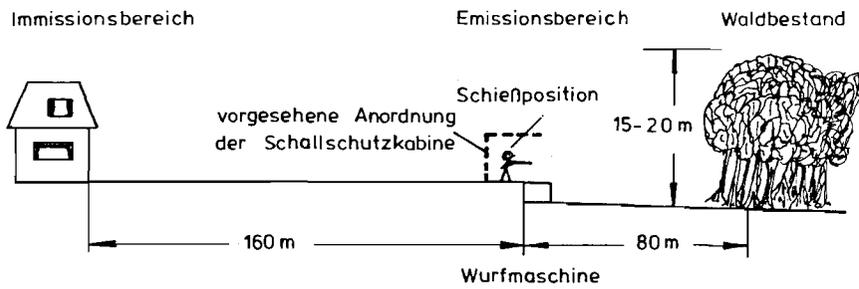


Abb. 9: Skizze eines Trap-Schießstandes mit einer Schießposition

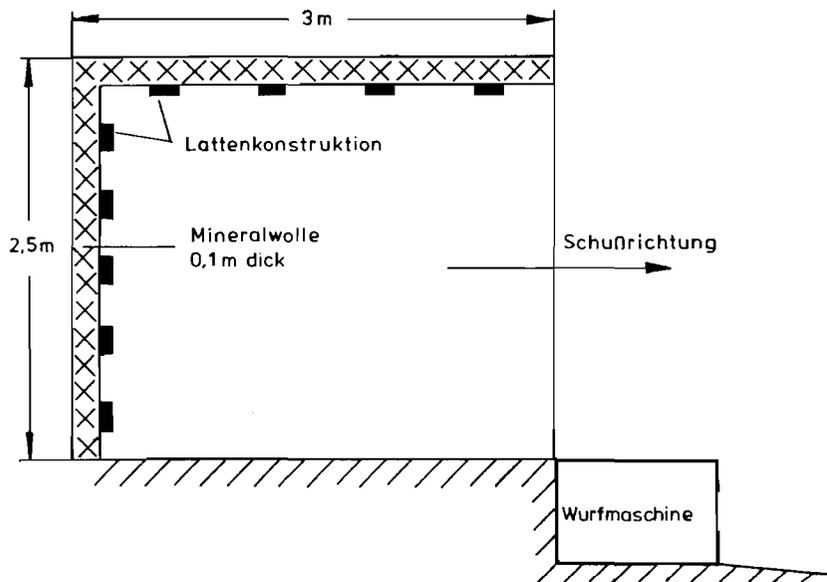


Abb. 10: Skizze des Aufbaus der Versuchs-Schallschutzkabine

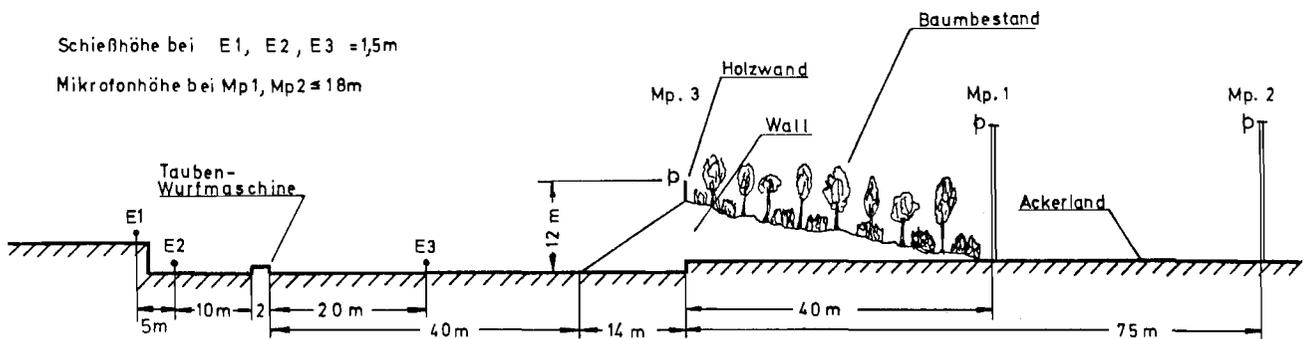


Abb. 11: Geländeschnitt durch einen Tontaubenschießstand mit Lage der Meßpunkte zur Ermittlung der Wirksamkeit eines Walles

eine Lattenkonstruktion gelegten Mineralfaserplatten mit einer Schichtstärke von 10 cm (siehe Abbildung 10).

Bei der beschriebenen Lärmschutzkabine handelte es sich um einen provisorischen Versuchsaufbau. Anhand der Meßergebnisse, die am gleichen Meßtag ohne und mit Lärmschutzkabine ermittelt wurden, sollte entschieden werden, ob der Bau einer massiven, witterungsbeständigen Kabine zweckmäßig ist.

Geschossen wurde mit einer Flinte Kal. 16, Lauflänge 70 cm und mit Munition des Typs Rottweil Waidmannsheil, Schrotdurchmesser 2,5 mm. Ausgewertet wurde der höchste Pegelwert jedes Schusses, unabhängig davon, ob dieser Wert vom Mündungsknall oder von dem reflektierten Schall hervorgerufen wurde.

In der Tabelle 2 sind die Schußzahl N sowie für die Meßgrößen L_{Apeak} , L_{AImax} und L_{AFmax} der arithmetische Mittelwert der Einzelwerte, die Schwankungsbreite R und die Standardabweichung s beim Schießen mit und ohne Schallschutzkabine angegeben.

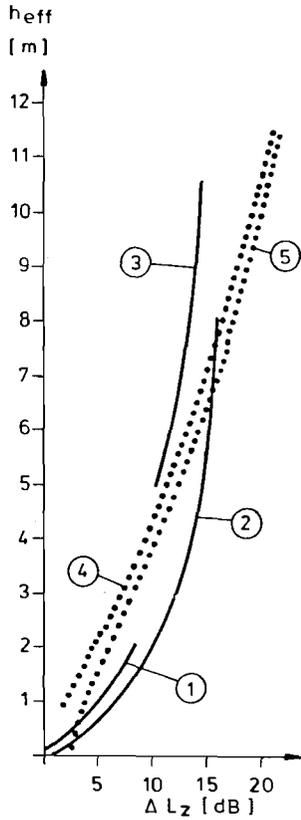
Tabelle 2: Arithmetische Mittelwerte \bar{L} , Schwankungsbreite R , Standardabweichung s der Einzelwerte beim Schießen mit und ohne Schallschutzkabine

	Schußzahl N	\bar{L}_{Apeak} (dB)	R	s	\bar{L}_{AImax} (dB)	R	s	\bar{L}_{AFmax} (dB)	R	s
ohne Kabine	30	96	13	2,7	80	8	1,9	73	2	0,75
mit Kabine	23	81	15	3,7	66	9	2,6	66	9	2,6

Die Tabelle 2 läßt erkennen, daß die Angaben zur Wirksamkeit einer Minderungsmaßnahme abhängig sind von der Meßgröße, im vorliegenden Fall wurden insbesondere die L_{Apeak} - und L_{AImax} -Werte durch die Versuchskabine stark gemindert. Zeitgedehnte Rückspiegelungen von Tonbandaufzeichnungen einzelner Schußereignisse ergaben, daß beim Schießen aus der Schallschutzkabine heraus insbesondere die durch Reflexionen des Mündungskalles an dem Baumbestand an der Grenze des Schießstandes hervorgerufenen Pegelanteile bestimmend waren für den Pegel im Immissionsbereich. Deshalb hätte sich auch durch weitergehende Anforderungen an die Dämmwirkung der Schallschutzkabine die Immissionssituation nicht verbessern lassen.

4.3.2. Minderung durch einen Wall

Bezüglich der abschirmenden Wirkung von Wällen an Schießanlagen liegen noch keine ausreichenden Erfahrungen vor [11]. Auf einem Schießplatz, dessen Ton-



- ① gemessen am Mp1 beim Schießen von E1; $s \approx 110$ m
- ② gemessen am Mp2 beim Schießen von E1; $s \approx 145$ m
- ③ gemessen am Mp2 beim Schießen von E3; $s \approx 108$ m
- ④ errechnet nach VDI 2720, Bl. 1, E. 81, für Weglängen > 100 m mit:

$$\Delta L_z = 10 \lg \left[1 + \left(C_1 - 1 + \frac{C_2 \cdot z}{\lambda} \right) \cdot K_w \right]$$

$$K_w = e^{-\frac{a \cdot b}{5700 \cdot h_{eff}}}$$

- ⑤ errechnet nach VDI 2720, Bl. 1, E. 81, für Weglängen < 100 m mit:

$$\Delta L_z = 10 \lg \left(C_1 + \frac{C_2}{\lambda} \cdot z \right)$$

Abb. 12:
Pegelabnahme in Abhängigkeit von der effektiven Schirmhöhe

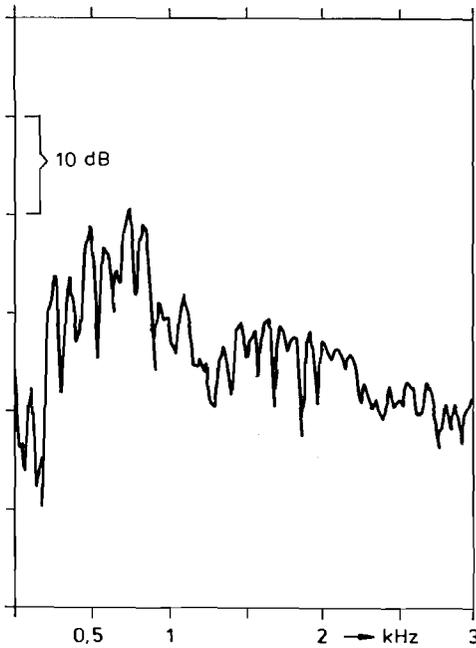


Abb. 13:
Spektrum eines Flintenschusses; abgefeuert am Em.-Ort E2, gemessen am Meßpunkt 3 (nach Abb. 11)

taubenstand durch einen Wall begrenzt ist, ließ sich die Schirmwirkung in Abhängigkeit von der effektiven Schirmhöhe ermitteln. Einen Überblick über die örtliche Situation gibt der Geländeschnitt in Abbildung 11. Der Tontaubenstand wird von einem ca. 12 m hohen Wall begrenzt; auf der Wallkrone befindet sich eine 3 m hohe Bretterwand. An der Rückseite fällt der Wall leicht ab; er ist hier mit Bäumen bewachsen, deren Kronen die Bretterwand teilweise überragen. Als Schießpositionen wurden die Punkte E1 bis E3 gewählt, als Meßorte im wesentlichen zwei Aufpunkte MP1 und MP2, an denen nacheinander Meßpunkthöhen von jeweils bis zu 18 m eingerichtet werden konnten. Die verschiedenen Emissions- und Meßorte waren erforderlich, um einen möglichst großen Bereich überprüfbarer "effektiver Schirmhöhen" verwirklichen zu können. Bei jeder gewählten Emissions- und Immissionsortkombination mit den verschiedenen Meßpunkthöhen wurden mindestens 10 Schüsse aus einer Flinte mit einem Kaliber 12 und einer Lauflänge von 710 mm abgegeben. Als Munition wurde die Marke Winchester, Schrottdurchmesser 2,41 mm und Schrotmasse 32 gr., verwendet. Die Schußrichtung war bei allen Schüssen durch Anvisieren eines Zieles in halber Wallhöhe fixiert. In der Tabelle 3 sind die Ergebnisse der Untersuchungen zusammengestellt.

Tabelle 3: Arithmetische Mittelwerte \bar{L} der L_{AFmax} -Pegel von jeweils $N = 10$ Schüssen, Schwankungsbreite R und Standardabweichung s bei verschiedenen Emissions- und Meßortkombinationen

Emissionsort	Meßort	Meßpunkt höhe	arithm. Mittel- wert \bar{L}	Schwankungs- breite	Standardabweichung
E	Mp.	m	dB (A)	R dB (A)	s dB (A)
1	1	18,0	93,5	4,1	1,3
1	1	14,5	90,5	5,7	1,8
1	1	11,0	80,6	4,8	1,6
1	2	18,0	88,9	4,7	1,6
1	2	13,5	79,3	6,0	1,8
1	2	8,5	77,3	3,3	1,0
1	2	4,5	75,3	6,2	1,3
1	2	2,0	73,9	3,2	1,0
3	2	18,0	79,6	3,2	0,9
3	2	7,5	76,9	2,8	0,9
3	2	2,0	76,4	3,5	1,0

Aufgrund der gegebenen Entfernungen und der Wallhöhe sowie der eingestellten Meßpunkthöhen ließ sich für jede der vorstehenden Meßpunkthöhen eine "effektive" Schirmhöhe berechnen und die zugehörige Pegelabnahme angeben. Die Ergebnisse dieser Auswertung sind in Abbildung 12 dargestellt. Der ausgezogene gezeichnete Verlauf der Kurven 1 bis 3 gibt die durch Meßergebnisse ermittelte Pegelabnahme wieder. Die Kurven 1 und 3 zeigen etwas geringere Pegelabnahmen

als die Kurve 2, die bei insgesamt längerem Schallausbreitungsweg ermittelt wurde. Bei Umrechnung auf einen vergleichbaren Schallausbreitungsweg würden die Pegelabnahmen der Kurven 1 und 3 mit denjenigen der Kurve 2 praktisch übereinstimmen.

Der Kurvenverlauf läßt eine verhältnismäßig große Schirmwirkung schon bei geringen effektiven Schirmhöhen erkennen. Auffallend ist jedoch auch, daß oberhalb effektiver Schirmhöhen von ca. 7 m praktisch keine weitergehende Pegelabnahme erfolgt.

Zum Vergleich sind auch die Pegelabnahmen eingetragen, die sich nach zwei Berechnungsformeln des VDI-Richtlinienentwurfes 2720, Bl. 1, E. 81 "Schallschutz durch Abschirmung im Freien" ergeben hätten (Kurven 4 und 5). Die beiden Formeln unterscheiden sich durch Einführung eines Witterungsmaßes. Da die Pegelabnahme durch Abschirmung frequenzabhängig erfolgt, mußte für die Berechnung der Pegelabnahme der Frequenzschwerpunkt der einzelnen Schußereignisse bekannt sein. Die Abbildung 13 zeigt den Pegel eines Schusses, abgegeben am Emissionsort 2 und aufgenommen in Höhe des Walles (MP 3) in Abhängigkeit von der Frequenz. Wie der bis zu einer Frequenz von 3000 Hz wiedergegebene Kurvenverlauf erkennen läßt, liegen ungeachtet der Feinstruktur, die durch das Abtastverfahren beeinflußt sein kann, die höchsten Pegelanteile des Flintenschusses bei Frequenzen im Bereich um 800 Hz; diese Frequenz wurde bei der Berechnung der Kurven 4 und 5 berücksichtigt.

Vergleicht man die gemessenen Pegelabnahmen mit den berechneten, so wird deutlich, daß insbesondere bei größeren effektiven Schirmhöhen wesentlich größere Pegelabnahmen berechnet werden als durch diese Messungen nachgewiesen wurden. Bei effektiven Schirmhöhen bis ca. 7 m jedoch ergeben die Messungen gegenüber der Berechnung z.T. erheblich größere Pegelabnahmen.

Allgemein kann gesagt werden, daß durch Schirmbauten (Wand, Wall, Gebäude) zwischen Quelle und Immissionsbereich die Pegel von Schußereignissen zusätzlich gemindert werden können. Die Ergebnisse deuten darauf hin, daß oberhalb bestimmter effektiver Schirmhöhen keine nennenswerte Erhöhung des Schirmwertes zu erwarten ist. Dieses sowohl für die Verbesserung bestehender Situationen als auch für die Neuplanungen wichtige Ergebnis sollte durch weitergehende Untersuchungen abgesichert werden. Ebenso müßte durch weitere Untersuchungen in größeren Abständen von Schirmbauten geprüft werden, ob auch dort noch mit den im Nahbereich ermittelten Minderungen gerechnet werden kann.

4.4. Einfluß reflektierender Flächen im Umfeld von Trap- und Skeetständen

Häufig befinden sich an den Grenzen von Trap- und Skeetanlagen Schutzzonen wie Waldgebiete, Wälle oder Wände, an denen der Mündungsknall reflektiert wird. Sowohl der Mündungsknall als auch der reflektierte Schall werden beeinflußt durch die innerhalb einer Schußserie ständig wechselnden Schießpositionen und Schußrichtungen, so daß beim Schießbetrieb auf derartigen Anlagen im Immis-

sionsbereich erhebliche Pegelunterschiede zwischen den einzelnen Schußereignissen auftreten können.

Der Einfluß reflektierender Begrenzung wird an zwei Beispielen deutlich:

4.4.1. Pegelunterschiede in Abhängigkeit von der Schießposition und der Schußrichtung

Auf dem unter Ziffer 4.2 beschriebenen Schießstand wurde von den beiden äußeren und der mittleren Schießposition der Skeetanlage aus geschossen (siehe Abbildung 14). Gemessen wurde vor einem Wohnhaus in 100 m Entfernung seitlich der Skeetanlage; der Meßpunkt lag in 5 m Höhe. Bedingt durch die Schirmwand an der Grenze des Schießstandes war zu erwarten, daß das am Meßort einwirkende Signal eines Schußereignisses durch zwei Impulsspitzen gekennzeichnet ist, die durch den Mündungsknall und durch den reflektierten Mündungsknall hervorgerufen werden.

Der zeitliche Verlauf der einwirkenden Signale wurde mit einem speziellen Meß- und Auswertegerät (Transientenspeicher Nicolet 660 A) ermittelt und ausgewertet; in den beispielhaft wiedergegebenen Ergebnissen in Abbildung 15 stellen für die drei Schießpositionen die oberen Kurven den Schalldruckverlauf und die unteren Kurven den Schallpegelverlauf dar. Für die Wiedergabe wurde ein Zeitbereich von 0,8 Sekunden Dauer gewählt. Damit ist gerätebedingt eine Tiefpaßfilterung mit einer Eckfrequenz von 500 Hz gegeben. Wenn im Signal Frequenzanteile oberhalb 500 Hz enthalten sind, können wegen der Tiefpaßfilterung die Spitzenwerte des tatsächlichen Schalldruckverlaufs zu niedrig wiedergegeben werden. Diese mögliche Beeinflussung spielt im vorliegenden Fall keine Rolle, weil hier allein die Zeitpunkte des Eintreffens einzelner Signalanteile veranschaulicht werden sollten. Die ablesbaren Laufzeitunterschiede ermöglichen Aussagen darüber, ob und welche Signalanteile auf direktem Wege von der Waffenmündung zum Immissionsort gelangen und welche Anteile, durch Reflexion des Schalles bedingt, zu einem späteren Zeitpunkt am Immissionsort eintreffen.

Der Verlauf des Schallpegels (untere Kurven in den drei Ergebnisdarstellungen) wird zeitlich wie auch größtmäßig durch die Tiefpaßfilterung nicht beeinflusst, da wegen der Filterung mit der Dynamik "fast" nur Signalanteile mit Frequenzen unterhalb der eingestellten Eckfrequenzen zu erwarten sind. Aus den unteren Kurven kann deshalb die tatsächliche Größe des Pegels $L_{AF}(t)$ entnommen werden.

Betrachtet man die Kurve des Schalldruckes in der Schießposition "rechts" - von dieser Schießposition aus wies die Waffenmündung etwa in Richtung Immissionsort - so wird die von links nach rechts erste Spitze im Schalldruckverlauf durch den Mündungsknall hervorgerufen. Mit Hilfe des Ordinatenmaßstabes erkennt man in einem Abstand von 40 ms eine weitere Spitze, die durch Reflexion des Mündungsknalles an der ca. 6,5 m vom Meßort entfernt gelegenen Hausfront hervorgerufen wird. Im weiteren Signalverlauf treten dann nur noch verhältnis-

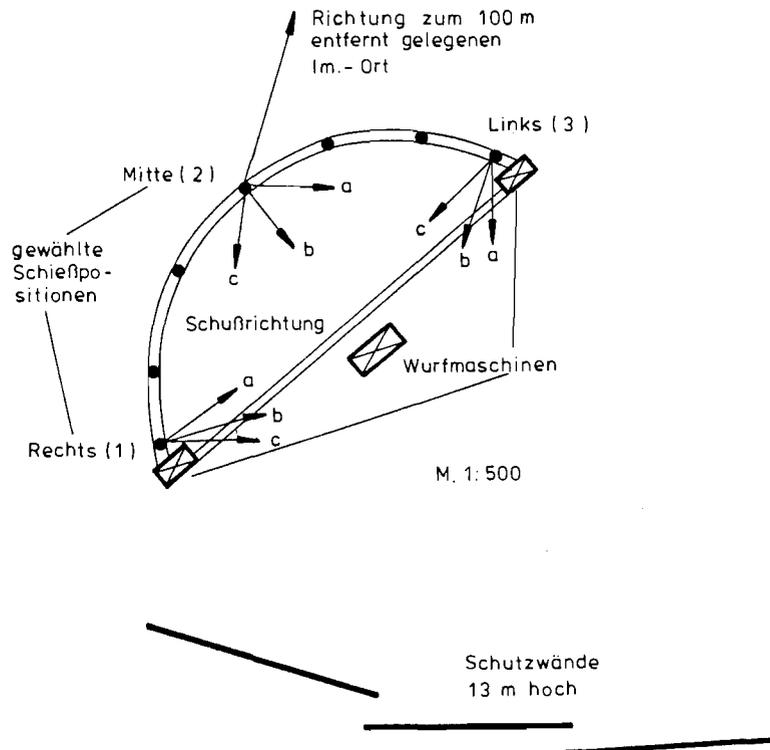


Abb. 14: Schießpositionen und Schußrichtungen auf einem Skeetstand zur Ermittlung des Reflexionseinflusses

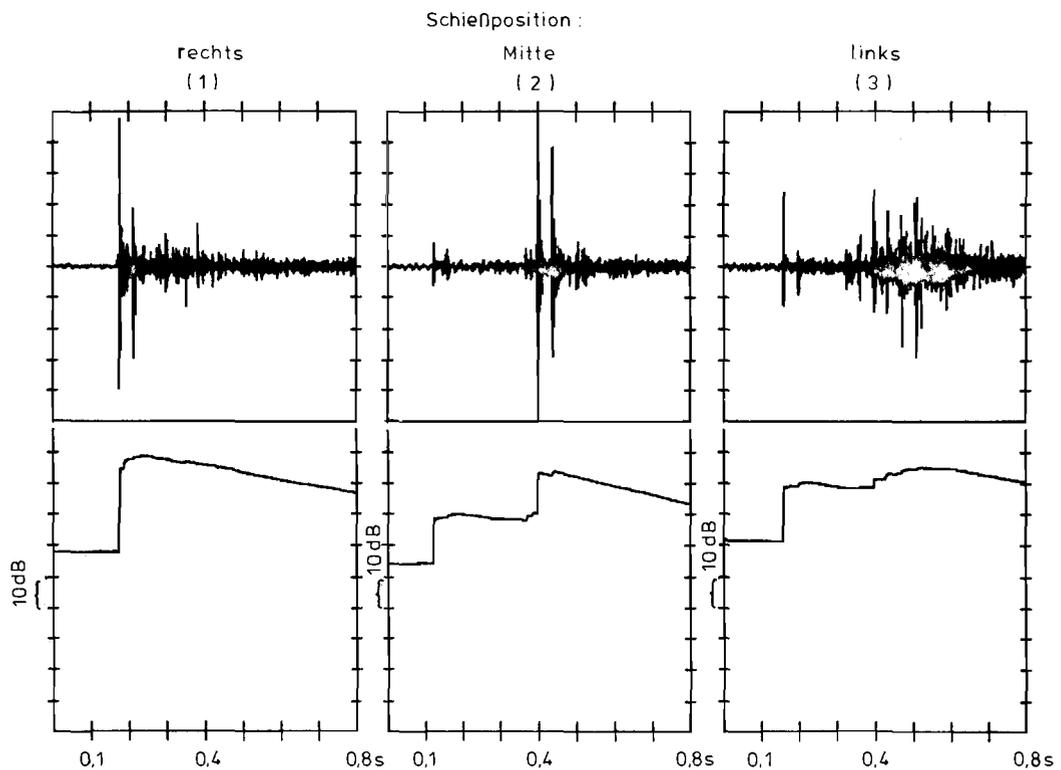


Abb. 15: Schalldruck- und Schallpegelverläufe von Flintenschüssen, abgegeben von den Schießpositionen 1 ... 3 einer Skeet-anlage, gemessen 100 m seitlich des Standes

mäßig kleine Pegelspitzen auf, die hier ohne Bedeutung sind. Die zugehörige Kurve des Schalldruckpegels zeigt einen steilen Anstieg aus der Ruhelage mit Eintreffen der ersten Signalspitze, danach nimmt der Pegel kontinuierlich ab. Ein völlig anderer Signalverlauf ergab sich beim Schießen aus der mittleren Schießposition. Im Schalldruckverlauf erkennt man etwa 300 ms nach Eintreffen des Mündungsknalles mit seiner Hauswandreflexion eine ausgeprägte Spitze, die durch den an der Holzwand reflektierten Mündungsknall hervorgerufen wird. Auch dieser Reflexionsschall wird von der Hauswand zurückgeworfen und erzeugt nach wiederum 40 ms eine weitere Impulsspitze. Aus der zugehörigen Kurve des Schalldruckpegels erkennt man, daß der Mündungsknall einen verhältnismäßig geringen Pegel hervorruft, und daß der reflektierte Schall diesen Pegel wesentlich erhöht.

Deutliche Reflexionseinflüsse sind auch dann erkennbar, wenn die Waffenmündung aus der Schießposition 3 heraus vom Immissionsort weggerichtet ist. Auch hier wirkt, wie die untere Kurve zeigt, der reflektierte Schall pegelbestimmend.

In der Tabelle 4 sind zur Verdeutlichung der vorstehend beschriebenen möglichen Pegelschwankungen an einem Immissionsort in Abhängigkeit vom Standort des Schützen auf der Skeetanlage und der Schußrichtung Mittelwerte der L_{AFmax} -Pegelteile des Mündungs- und Reflexionsknalles angegeben, wenn von jedem der gewählten Standorte aus jeweils 4 Schüsse in die linke, mittlere und rechte Richtung des möglichen Schwenkbereiches der Waffe bei dieser Schießart abgegeben werden. Die Buchstaben a, b und c geben die vom Schützen aus gesehene Schußrichtung (links, mittig und rechts im möglichen Schußfeld) an; der Meßpunkt lag, wie schon angeführt, in ca. 100 m Entfernung seitlich des Schützen.

Tabelle 4: Arithmetische Mittelwerte \bar{L} der L_{AFmax} -Pegelteile beim Schießen von 3 Positionen auf einem Skeetstand; N = Anzahl der Schüsse je Schießposition und Schußrichtung

Schußrichtung	Schießposition			Schallanteil	N
	1	2 \bar{L}_{AF} in dB	3		
a	83	78	77	Mündung	4
	-	81	74	Reflexion	
b	78	73	73	Mündung	4
	83	86	77	Reflexion	
c	74	74	74	Mündung	4
	90	90	78	Reflexion	

Die Ergebnisse der Tabelle 4 lassen erkennen:

- nur in Schießposition 1 und Schußrichtung "a" wirkt am Immissionsort der alleinige Pegel des Mündungsknalles

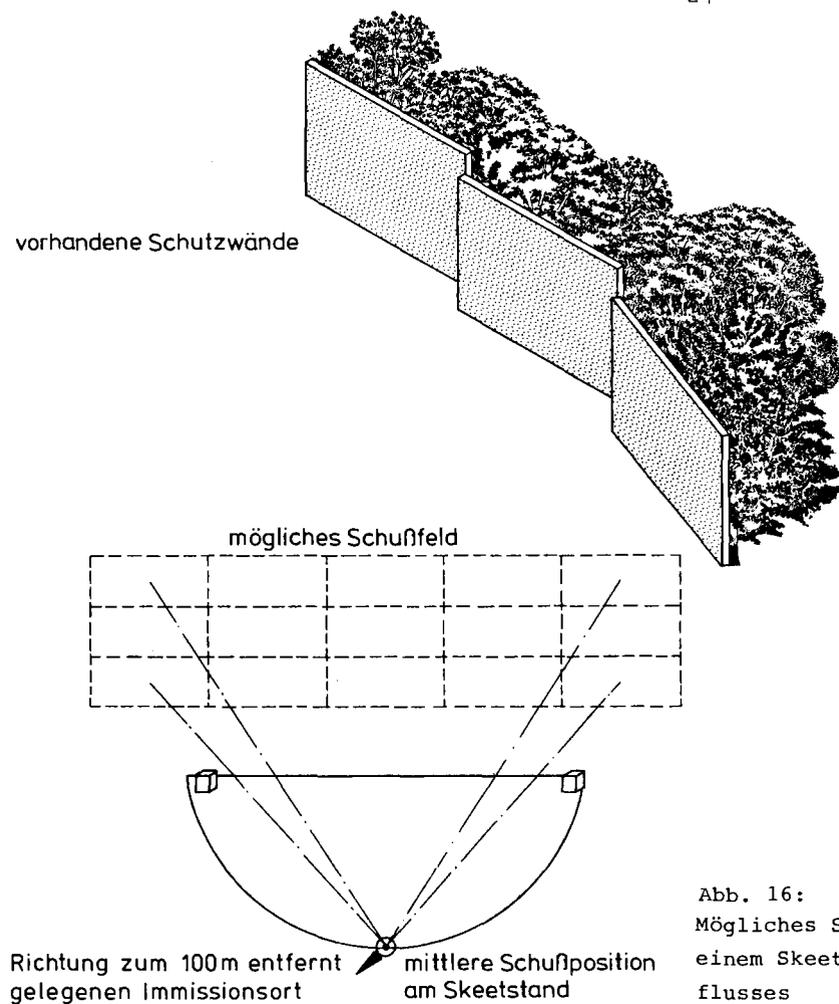


Abb. 16:
Mögliches Schußfeld für eine Schießposition auf einem Skeetstand zur Ermittlung des Reflexionseinflusses

Tabelle 5: L_{AFmax} -Pegel und Mittelwerte in dB für den Mündungs- und Reflexionsknall am Immissionsort beim Schießen von der mittleren Schießposition der Skeetanlage

Schußrichtungen im möglichen Schußfeld entsprechend Abb. 16					Mittelwerte	Schallanteil
Einzelwerte						
75,6	74,2	74,2	72,8	72,5	73,9	Mündung
76,8	80,0	83,4	82,9	85,4	81,7	Reflexion
76,0	74,8	73,6	72,8	72,8	74,0	Mündung
77,1	78,8	86,0	84,4	86,0	82,5	Reflexion
74,8	75,6	72,8	70,8	71,3	72,7	Mündung
78,4	82,0	86,0	85,4	85,6	83,5	Reflexion
Mittelwerte						
75,5	74,9	73,6	72,1	72,2		
77,4	80,3	85,1	84,2	85,7		
Mittelwerte über das gesamte Schußfeld:					73,7	Mündung
					82,6	Reflexion

- in Schießposition 3 und Schußrichtung "a" überwiegt der Pegel des Mündungsknalles
- in allen anderen Schießpositionen und Schußrichtungen überwiegt am Immissionsort der Pegelanteil des reflektierten Schalles
- bei gleicher Schußrichtung ergeben sich in Abhängigkeit von der Schießposition Pegelunterschiede bis zu 12 dB(A)
- bei gleicher Schießposition werden in Abhängigkeit von der Schußrichtung Pegelunterschiede bis zu 9 dB(A) ermittelt.

4.4.2. Pegelunterschiede in Abhängigkeit von der Schußrichtung

Auf dem unter Ziffer 4.2. beschriebenen Skeetstand wurde das mögliche Schußfeld in drei übereinander liegende horizontale Bereiche aufgeteilt; jeder horizontale Bereich wurde in fünf Sektoren unterteilt (siehe Abbildung 16).

In jedes der so entstandenen 15 Felder wurde von der mittleren Schießposition aus jeweils ein Schuß abgegeben. Gemessen wurde wiederum vor dem Wohnhaus in 100 m Entfernung. Ermittelt und ausgewertet wurden die durch jeden Schuß hervorgerufenen und im Nachbarschaftsbereich einwirkenden zwei Impulsspitzen, die der Mündungsknall und der reflektierte Schall erzeugten. In der Tabelle 5 sind für beide Signalanteile die L_{AFmax} -Pegel wiedergegeben.

Aus der Tabelle 5 läßt sich entnehmen, daß

- der Pegelanteil des Mündungsknalles bis zu 14,6 dB(A) niedriger ist als der Pegelanteil des reflektierten Schalles;
- mit dem Schwenken der Waffe vom Immissionsort weg in Richtung auf die Holzschutzwand der Pegelanteil des Mündungsknalles geringer wird, während der Pegelanteil des reflektierten Schalles zunimmt;
- mit vertikal ansteigender Schußrichtung der Pegelanteil des reflektierten Schalles kleiner wird, während der Anteil des Mündungsknalles geringfügig größer wird;
- am Immissionsort in Abhängigkeit von der Schußrichtung Pegelunterschiede bis zu 5,2 dB(A) beim Mündungsknall und bis zu 9,2 dB(A) beim reflektierten Schall auftraten.

Die vorstehenden Beispiele verdeutlichen, daß beim Schießlärm, insbesondere beim Trap- und Skeetschießen, über die üblicherweise bei Geräusch-Immissionsmessungen zu beachtenden Randbedingungen - wie beispielsweise die Meteorologie oder die Ausbreitungsbedingungen auf dem Übertragungsweg - hinaus folgende Einflußgrößen für das Meßergebnis von Bedeutung sein können:

- die Schußposition
- die Schußrichtung
- reflektierende Flächen im Nahfeld des Schießstandes.

Immissionsmeßwerte von solchen Schießanlagen können daher nur dann auf andere Anlagen übertragen werden, wenn die örtlichen Gegebenheiten und die Schießbedingungen vergleichbar sind.

Bei Neuplanungen und den dafür erforderlichen Vorausabschätzungen ergeben sich damit erhebliche Probleme, zumal offenbar das Modell der Spiegelreflexion beim Schießlärm nicht anzuwenden ist.

5. U n t e r s u c h u n g e n a n M i l i t ä r s c h i e ß s t ä n d e n

5.1. Situationsbeschreibung

Auf den vom Militär genutzten Schießplätzen für Faust- und Handfeuerwaffen sind im Regelfall die MG- und Gewehrschießstände voneinander getrennt angeordnet. Die Pistolen- und MG-Stände haben eine Schießbahnlänge von 25 m; die Gewehrstände können bis zu 300 m lang sein. Man unterscheidet bei den Gewehrständen mehrere Schießstandtypen, wobei der prinzipielle Unterschied in der Anordnung der Schießblenden und des Zielraumes zu sehen ist. In Abbildung 17 sind bei-

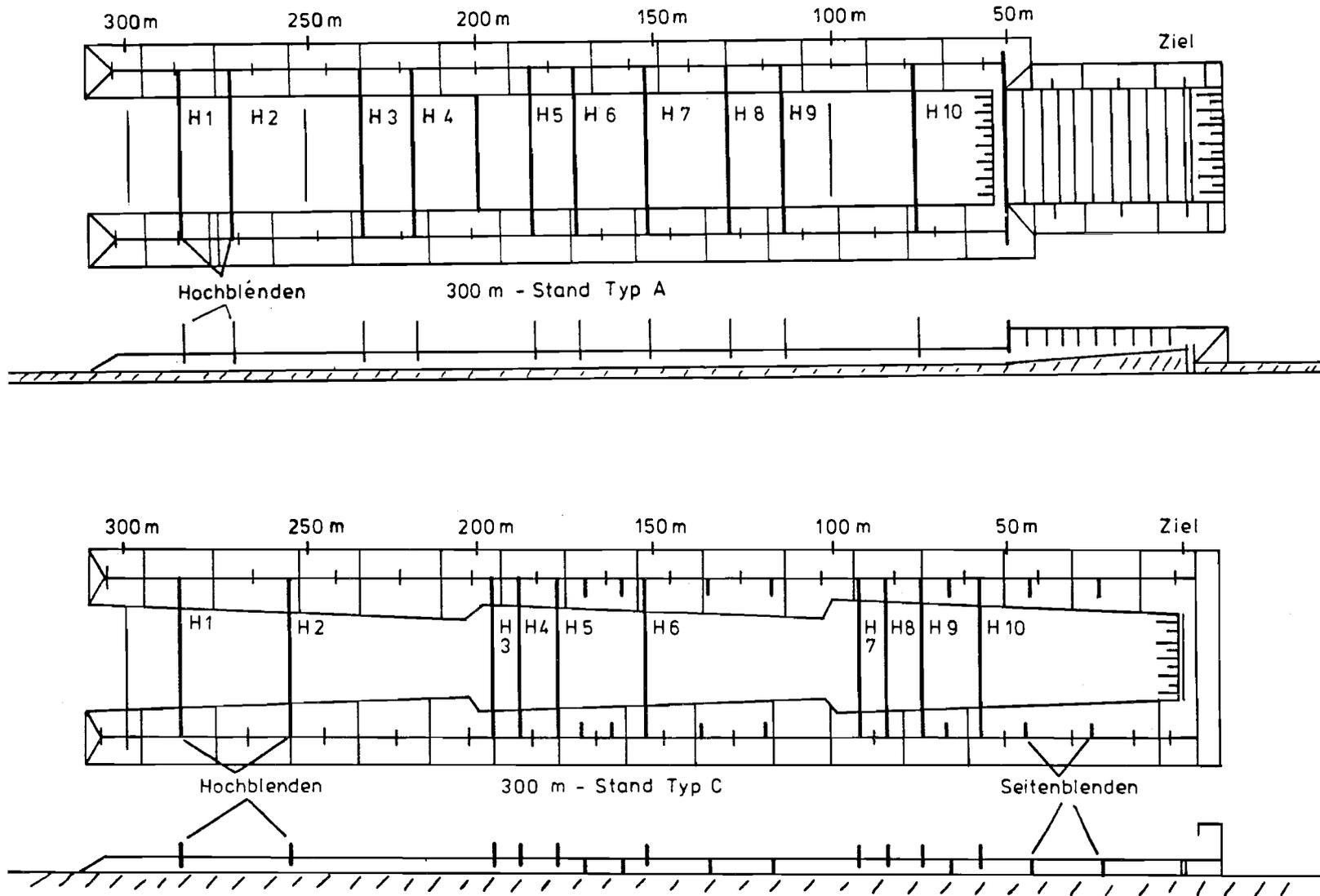


Abb. 17: Grundriß und Längsschnitt durch verschiedene Schießstandtypen

spielhaft 300-m-Gewehrstände der Typen A und C im Längsschnitt und Grundriß skizziert dargestellt. Die einzelnen Stände mit jeweils mehreren Schießbahnen sind durch Seitenwände von ca. 3,5 m Höhe begrenzt; die Oberkante der holzverkleideten Schießblenden kann, in Abhängigkeit vom Stand-Typ, bis zu 11 m über der Grundlinie liegen.

5.2. Waffen und Munition

Auf den Militärschießständen kommen im wesentlichen folgende Waffen und Munitionsarten zum Einsatz:

Maschinengewehr	Patrone	7,62 x 51 mm
Gewehr G 3	Patrone	7,62 x 51 mm
Maschinenpistole	Patrone	9 x 19 mm
Pistole P 1	Patrone	9 x 19 mm
Leichte Panzerfaust	ÜB-Patrone	
Schwere Panzerfaust	ÜB-Patrone	

Die Geschwindigkeit der aus den ersten vier Waffen abgefeuerten Geschosse liegt im Überschallbereich; zumindest in Schußrichtung ist damit jedes Schußereignis durch zwei voneinander getrennte Signalspitzen gekennzeichnet, die durch den Mündungsknall und durch den Geschoßknall hervorgerufen werden.

5.3. Untersuchungen zur Wirksamkeit von Minderungsmaßnahmen auf Militärschießständen

Die Problematik der Schießgeräuschemission und -ausbreitung bei Militärschießständen ist mit den vorstehend beschriebenen Trap- und Skeetanlagen insofern vergleichbar, daß es sich um offene Anlagen handelt und das Signal an den Blenden der Militärschießstände ebenso reflektiert werden kann wie an Wald- oder sonstigen Begrenzungsflächen der Trap- und Skeetstände. Eine vollständige Kapselung als Minderungsmaßnahme wäre wegen der Größe der Anlagen sehr aufwendig; sie wird außerdem vom Militär wegen des im Hinblick auf die Lichtverhältnisse und die Meteorologie dann nicht mehr gegebenen Realitätsbezuges abgelehnt. Prinzipiell denkbar wäre auch die Errichtung von Schirmwällen im Nahbereich der Schießplätze; im Regelfall liegen die Militärschießstände jedoch so weit von der Wohnbebauung entfernt, daß wegen der Schallbeugung hinter den Hindernissen und der damit verbundenen Verminderung der abschirmenden Wirkung nach den bekannten Berechnungsansätzen Wallhöhen ≥ 20 m realisiert werden müßten, wobei der Erfolg einer derartigen Maßnahme bislang noch nicht nachgewiesen werden konnte.

Nachfolgend werden an zwei Beispielen andere Minderungsmöglichkeiten und deren Auswirkungen auf den Immissionsbereich dargestellt.

5.3.1. Minderung durch eine Schallschutzkabine

Auf einer Standortschießanlage wurde die Wirksamkeit einer Schallschutzkabine überprüft. Die Kabine war nur in der Schußrichtung offen; die Abmessungen betrugen $l = 4,08$ m; $b = 2,04$ m und $h = 2,2$ m. Die Kabine war aus Einzelsegmenten mit den Abmessungen $1,0 \times 0,2 \times 0,1$ m aufgebaut; die Einzelsegmente waren mit Nut und Feder versehen und auf der Innenseite schallabsorbierend ausgebildet, sie werden im allgemeinen für Schirmwände an Verkehrswegen verwendet.

Die Kabine wurde sowohl an einer 25-m-MG-Bahn (geschossen wurde hier mit dem Maschinengewehr (MG), der Maschinenpistole (MP) und der Pistole (P)) als auch an einer 300-m-Gewehrbahn eingesetzt. Beim Schießen aus der Kabine heraus befanden sich die Laufmündungen in folgenden Abständen von der Innenseite der Kabinenrückwand:

MG	:	2,49 m
MP und P	:	1,02 m
G 3	:	2,04 m

Gemessen wurde an einem Meßpunkt im nächstbenachbarten Wohnbereich; die Meßpunkthöhe betrug 1,5 m, der Abstand zur Abschußstelle der MG-Bahn betrug 540 m und zur Abschußstelle der Gewehrbahn 665 m.

Das Gelände zwischen dem Meßort und dem Schießplatz war eben und zum Teil mit 4 bis 6 m hohen Bäumen bewachsen. Der Immissionsbereich lag entgegengesetzt zur Schußrichtung. Das einwirkende Signal wurde beim Schießen mit und ohne Schallschutzkabine in L_{Apeak} , L_{AImax} und L_{AFmax} gemessen, die Ergebnisse sind in der Tabelle 6 zusammengestellt.

Wie die Tabelle 6 erkennen läßt, treten nennenswerte Pegelminderungen durch die Schallschutzkabine nur dann auf, wenn aus den Waffen mit Einzelfeuer geschossen wird. Weiterhin ist zu erkennen, daß der Erfolg der Minderungsmaßnahme, dargestellt als Pegeldifferenz beim Schießbetrieb mit und ohne Schallschutzkabine, in dem für eine verwaltungsrechtliche Beurteilung wichtigen Pegelwert L_{AFmax} geringer ist als bei den L_{Apeak} - und L_{AI} -Werten. Die an dem Tontaubenstand (vgl. Ziffer 4.3.1) durchgeführten Untersuchungen zeigten einen vergleichbaren Trend.

Da die Ursache der verhältnismäßig geringen Pegelabnahme nicht bekannt war, wurden zeitgedehnte Rückspielungen der mit einem FM-Tonband aufgezeichneten Signale einzelner Schußereignisse auf einen UV-Schreiber übertragen und dargestellt. In den Abbildungen 18 bis 21 sind einige dieser Signalverläufe beispielhaft wiedergegeben. Die Meßschriebe sind auseinandergeschnitten und untereinander angeordnet worden; sie sind in den Abbildungen wie Zeilen eines Buches zu lesen.

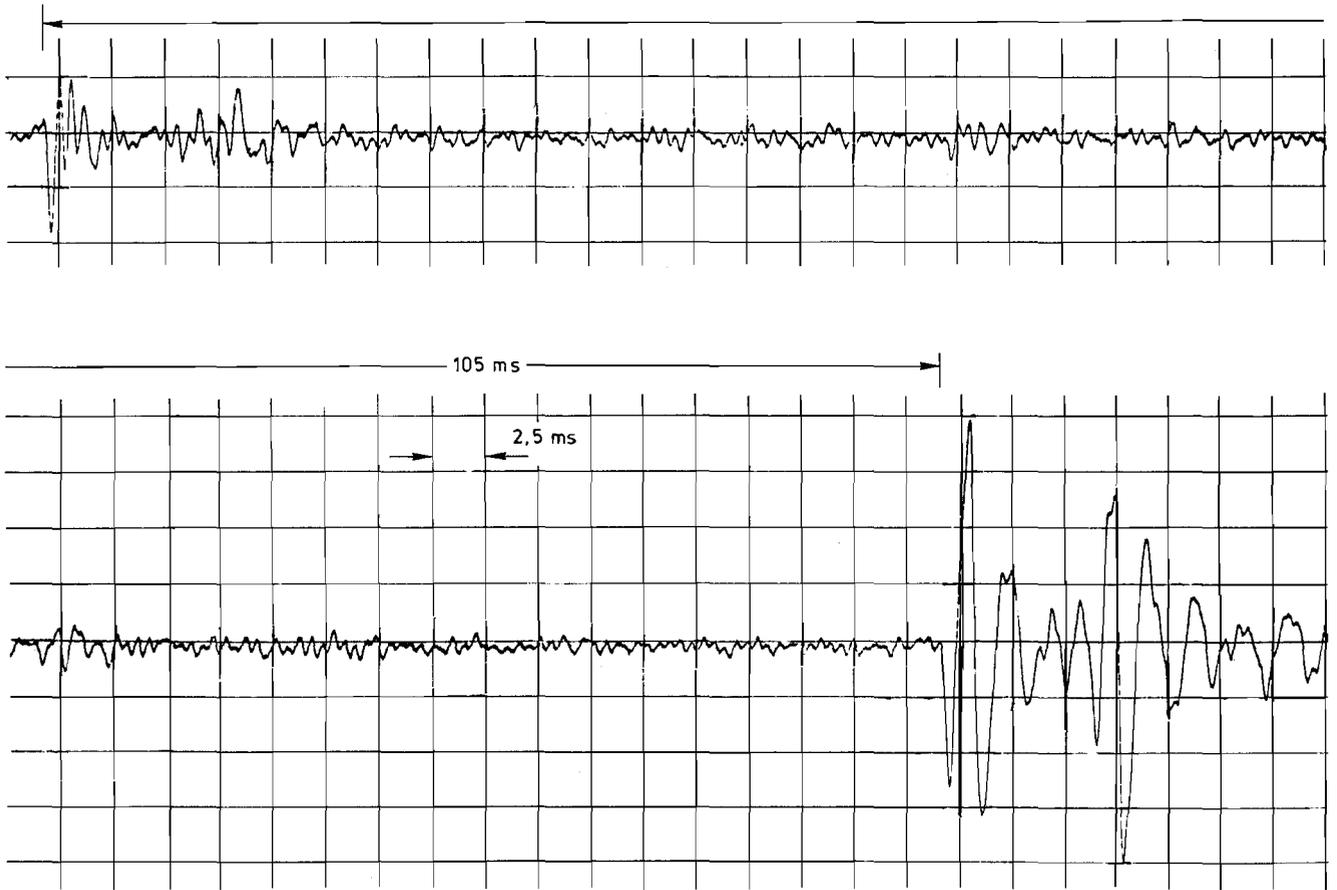


Abb. 18: Einzelschuß einer MP auf einem MG-Stand ohne Schallschutzkabine,
 $\Delta L_{2./1.}$ Ausschlag ca. 8 dB (A_{peak})

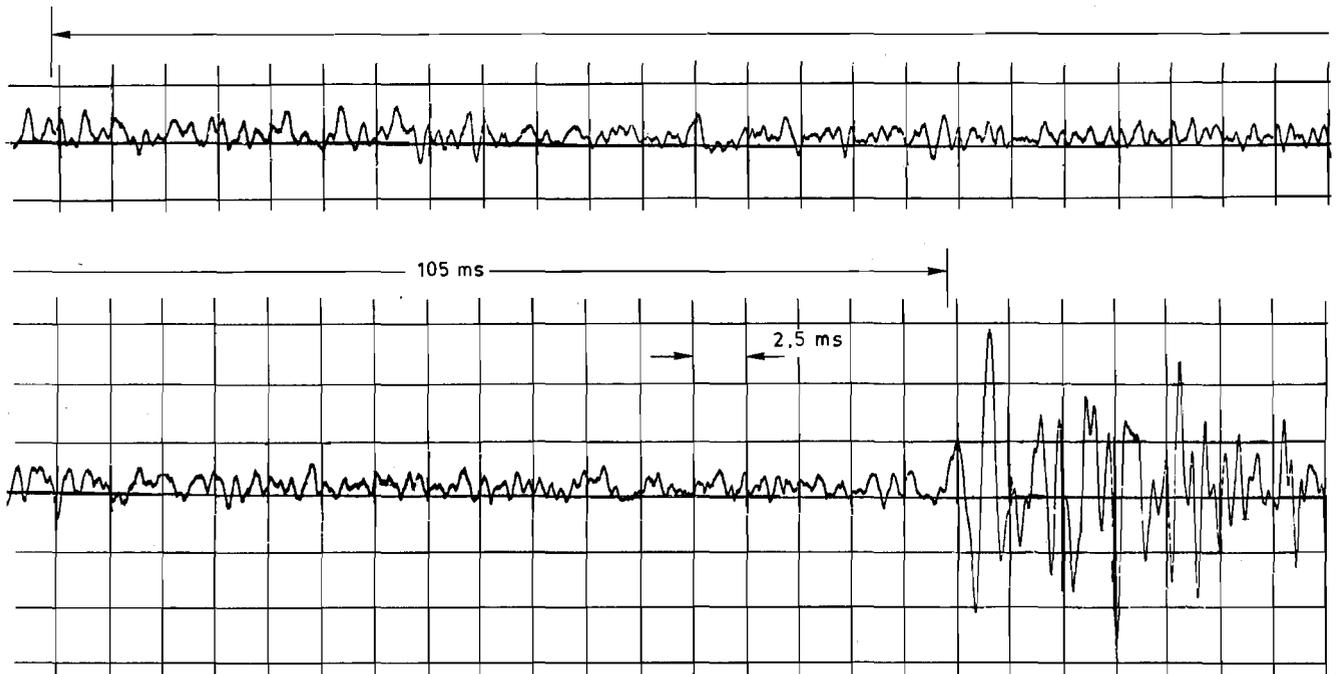


Abb. 19: Einzelschuß einer MP auf einem MG-Stand mit Schallschutzkabine,
 $\Delta L_{2./1.}$ Ausschlag ca. 17 dB (A_{peak})

Tabelle 6: Arithmetische Mittelwerte \bar{L} der Meßwerte L_{Apeak} , L_{AImax} und L_{AFmax} , Schwankungsbreite R, Standardabweichung s und Pegeldifferenz ΔL der Mittelwerte beim Schießbetrieb mit und ohne Schallschutzkabine

Waffe	MG	MG	P	P	P	P	G3	G3
Schießart	Feuerstoß		Einzelfeuer		Einzelfeuer		Einzelfeuer	
Zielentfernung	25	25	25	25	25	25	300	300
Schallschutzkabine	nein	ja	nein	ja	nein	ja	nein	ja
Schußzahl	24	19	42	29	20	16	44	39
Pegelwerte (dB):								
\bar{L}_{Apeak}	93	90	87	73	92	78	89	78
R	11	8	9	10	9	12	20	10
s	3,2	1,9	2,2	2,5	2,7	4,8	4,5	2,3
ΔL	3		14		14		11	
\bar{L}_{AI}	82	80	73	60	77	66	75	67
R	11	7	7	6	6	13	17	8
s	2,9	1,7	1,8	1,7	2,2	4,3	4,0	2,1
ΔL	2		13		11		8	
\bar{L}_{AF}	80	79	62	58	68	60	66	62
R	8	7	7	5	6	9	9	8
s	2,2	1,8	1,6	1,8	1,8	1,9	2,4	1,6
ΔL	1		4		8		4	

Die Abbildung 18 gibt den Pegelverlauf im Immissionsbereich wieder, wenn auf der MG-Bahn mit der Maschinenpistole ohne Schallschutzkabine geschossen wird. Man erkennt deutlich 2 "Impulspakete", die in einem Abstand von hier 105 ms aufeinander folgen. Das erste Impulspaket wird von dem Mündungsknall hervorgerufen, da bei der gegebenen Lage der Schußrichtung zum Immissionsort kein anderer Schallanteil des Schusses früher am Immissionsort eintreffen kann. Das zweite Impulspaket wird durch Reflexion entweder des Mündungsknalles oder des Geschoßknalles an der Schießblende am Ende der Schießbahn hervorgerufen.

Vergleicht man die Amplituden der beiden Impulspakete, so ist zu erkennen, daß durch die Reflexion ein im dargestellten Fall um 8 dB(A_{peak}) höherer Pegel am Immissionsort hervorgerufen wird als durch den Mündungsknall. Damit wird deutlich, daß Maßnahmen zur Minderung des alleinigen Mündungsknalles im Immissionsbereich nur eine begrenzte Wirksamkeit haben können, wenn nicht gleichzeitig auch Maßnahmen zur Minderung des reflektierten Schallanteiles durchgeführt werden.

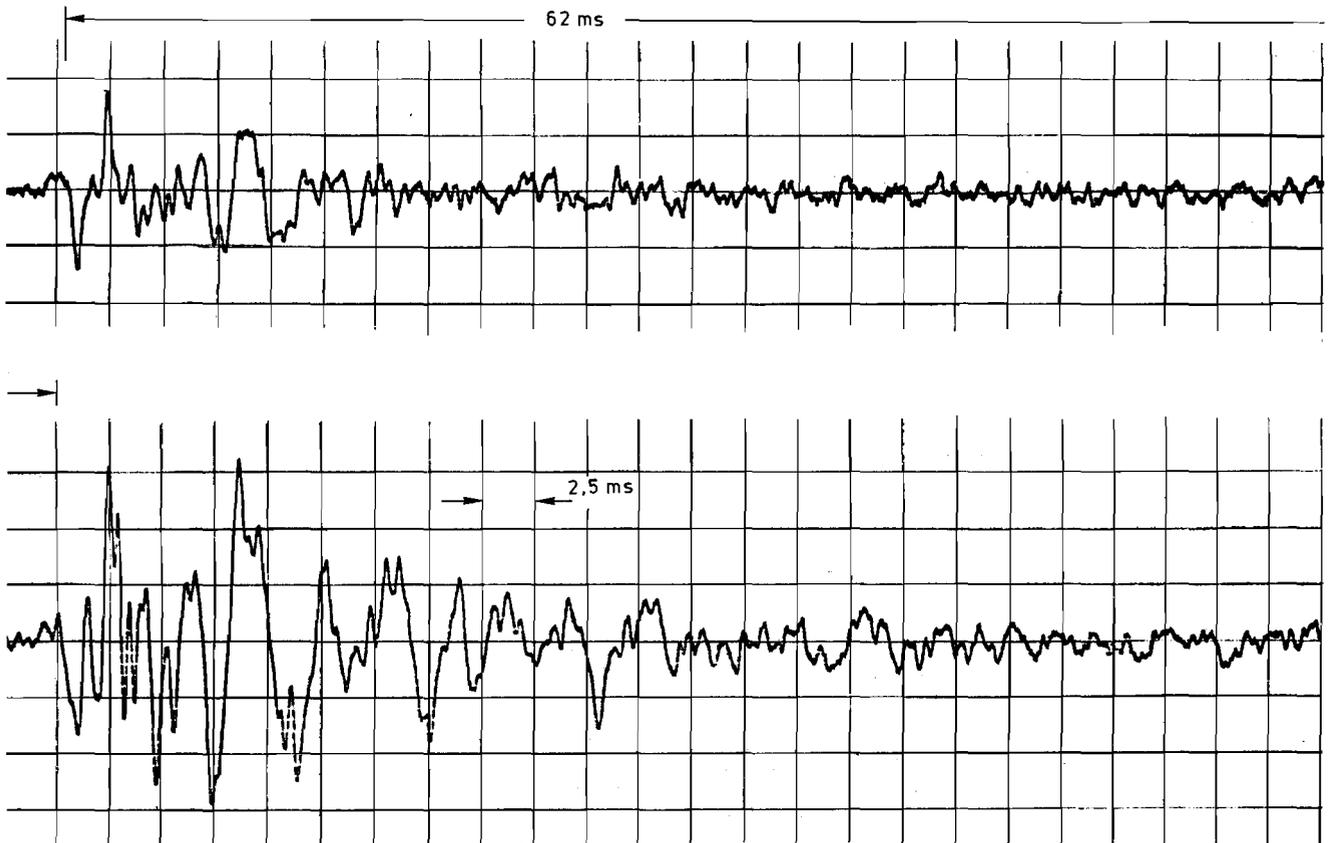


Abb. 20: Einzelschuß eines G3, Zielentfernung 300 m, ohne Schallschutzkabine,
 $\Delta L_{2./1.}$ Ausschlag ca. 6 dB (A_{peak})

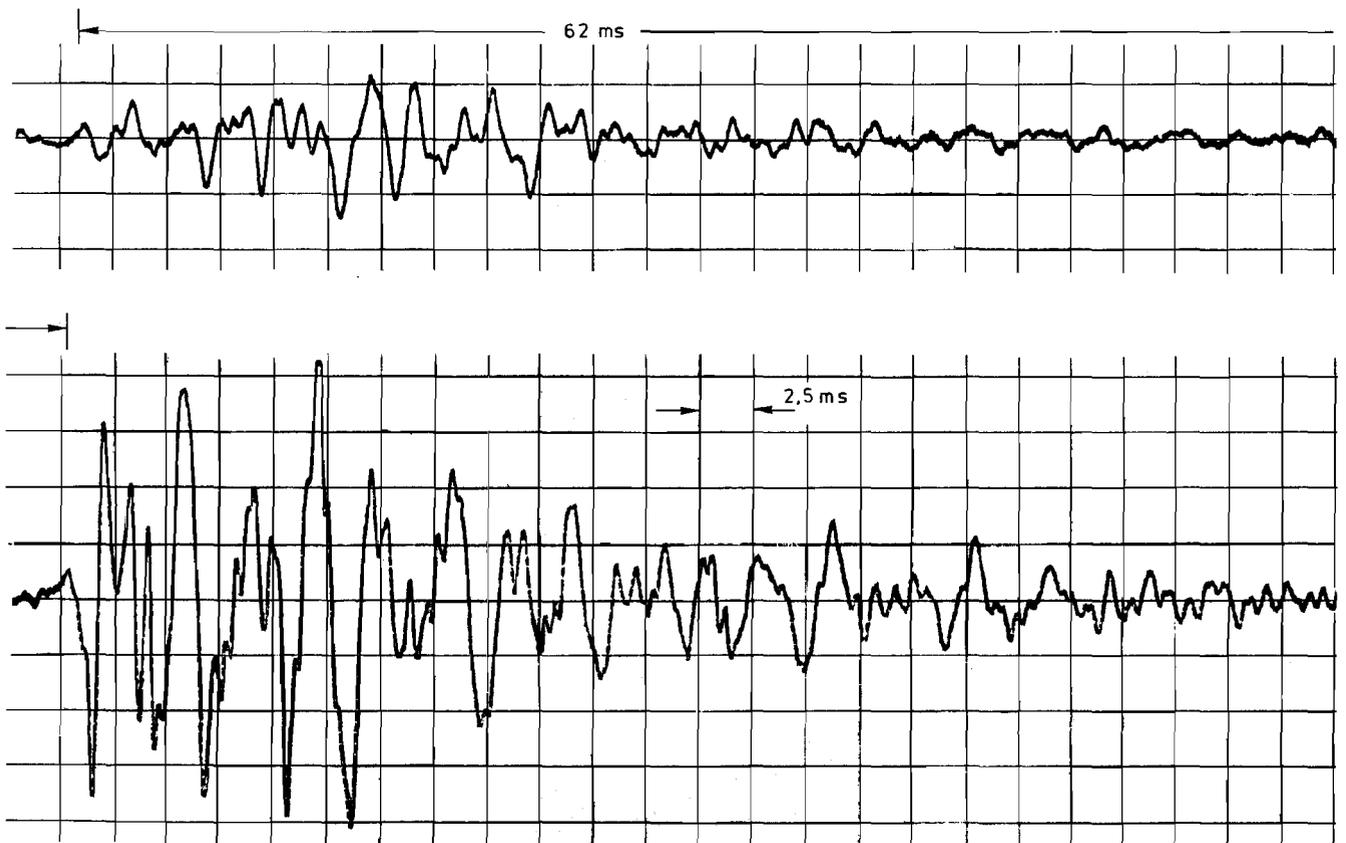


Abb. 21: Einzelschuß eines G3, Zielentfernung 300 m, mit Schallschutzkabine,
 $\Delta L_{2./1.}$ Ausschlag 10 dB (A_{peak})

Die Abbildung 19 beschreibt die Geräuschsituation am Immissionsort, wenn auf der gleichen Bahn mit der gleichen Waffe aber aus der Schallschutzkabine heraus ein Schuß abgegeben wird. Das erste durch den Mündungsknall hervorgerufene Impulspaket ist praktisch nicht mehr zu erkennen, während sich der reflektierte Schallanteil weiterhin deutlich ausprägt und den Gesamtpegel am Immissionsort ausschließlich bestimmt.

Die Schriebe in den Abbildungen 20 und 21 geben die in gleicher Weise gewonnenen Pegelverläufe im Immissionsbereich wieder, wenn mit einem G 3 auf einer Gewehrbahn bei einer Zielentfernung von 300 m geschossen wird. Auch hier ist ein deutlicher Reflexionseinfluß erkennbar. Beim Schießen ohne Schallschutzkabine betrug der Unterschied zwischen dem Pegel des 2. zu demjenigen des 1. Impulspaketes $6 \text{ dB}(A_{\text{peak}})$; beim Schießen aus der Schallschutzkabine heraus betrug dieser Unterschied ca. $10 \text{ dB}(A_{\text{peak}})$.

Die auf der MG- bzw. Gewehr-Bahn ermittelten Ergebnisse zeigen, daß unter bestimmten Randbedingungen Minderungsmaßnahmen im Bereich der Laufmündung allein unzureichend sind, und daß der Reflexionseinfluß von Schußereignissen nicht vernachlässigt werden kann.

5.3.2. Schallabsorbierende Verkleidung der ersten Schießblende

Zur Verminderung des Reflexionseinflusses wurde auf einer Standortschießanlage die zum Schützen hin gelegene Seite der ersten Schießblende schallabsorbierend verkleidet. Die örtliche Situation läßt sich aus der Abbildung 22 entnehmen.

Die Schießanlage besteht aus 3 gleichartigen, nebeneinander angeordneten 300-m-Gewehrbahnen. Für den meßtechnischen Versuch wurde die erste Schießblende der links angeordneten Bahn 1 sowie die rechts anschließende Hälfte der ersten Blende der mittleren Bahn 2 schallabsorbierend verkleidet.

Als Material für die Verkleidung wurde ein Faserabsorber ohne Folienabdeckung mit einer Schichtdicke von 100 mm und einem Raumgewicht von 100 kg/m^3 gewählt. Die Absorberplatten wurden mit Hilfe einer Holz-Tragekonstruktion in 250 mm Abstand vor der vorhandenen Holzverkleidung der Schießblende angebracht (siehe Abbildung 23).

Die rechte Hälfte der ersten Blende der Bahn 2 sowie die gesamte erste Blende der Schießbahn 3 blieben im ursprünglichen Zustand.

Geschossen wurde unmittelbar aufeinanderfolgend auf der Bahn 1 mit der verkleideten Blende und der Bahn 3 mit der unverkleideten Blende.

Gemessen wurde auf der Standortschießanlage an den Meßpunkten 1 und 3 in jeweils 75 m Abstand hinter dem Schützen sowie am Meßpunkt 2 im Schnittpunkt zweier Radien im Abstand von 75 m von den Abschußstellen; die Meßpunkthöhe betrug jeweils 10 m. Ein weiterer Meßpunkt 4 lag im Immissionsbereich in 665 m Entfernung vom Schießstand und nahezu entgegengesetzt zur Schußrichtung.

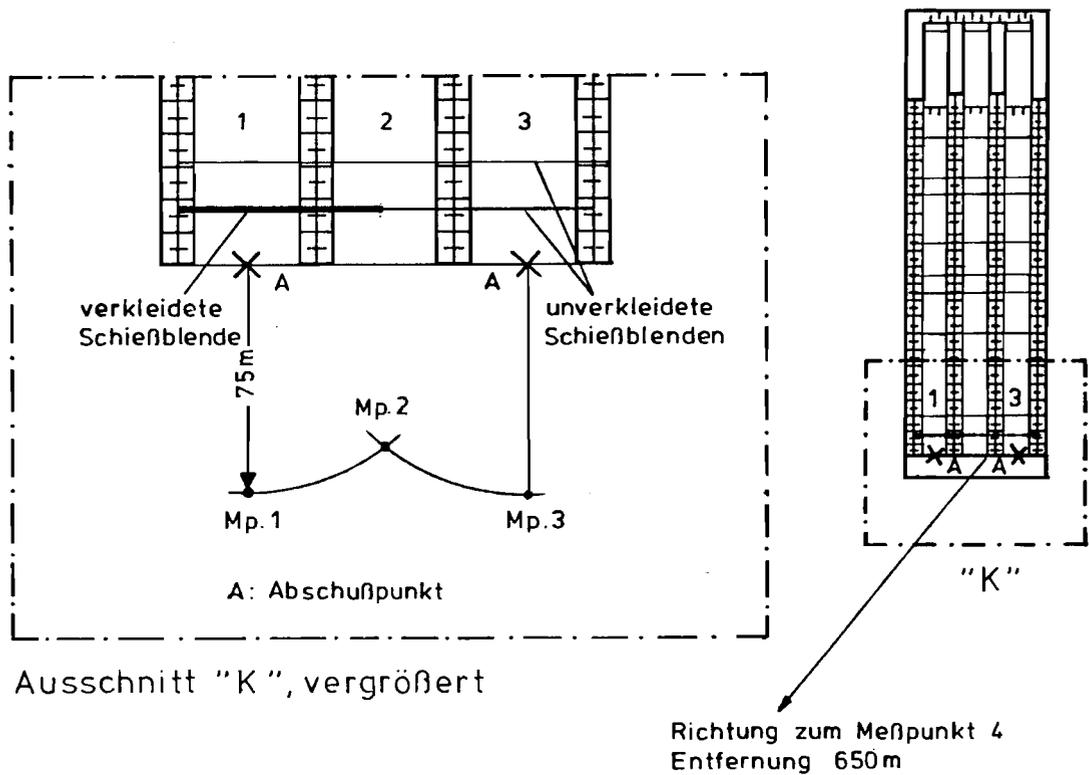


Abb. 22: Lage der Meßpunkte an einem Schießstand mit 3 nebeneinander liegenden 300-m-Bahnen. Erste Schießblende im dargestellten Ausmaß schallabsorbierend verkleidet

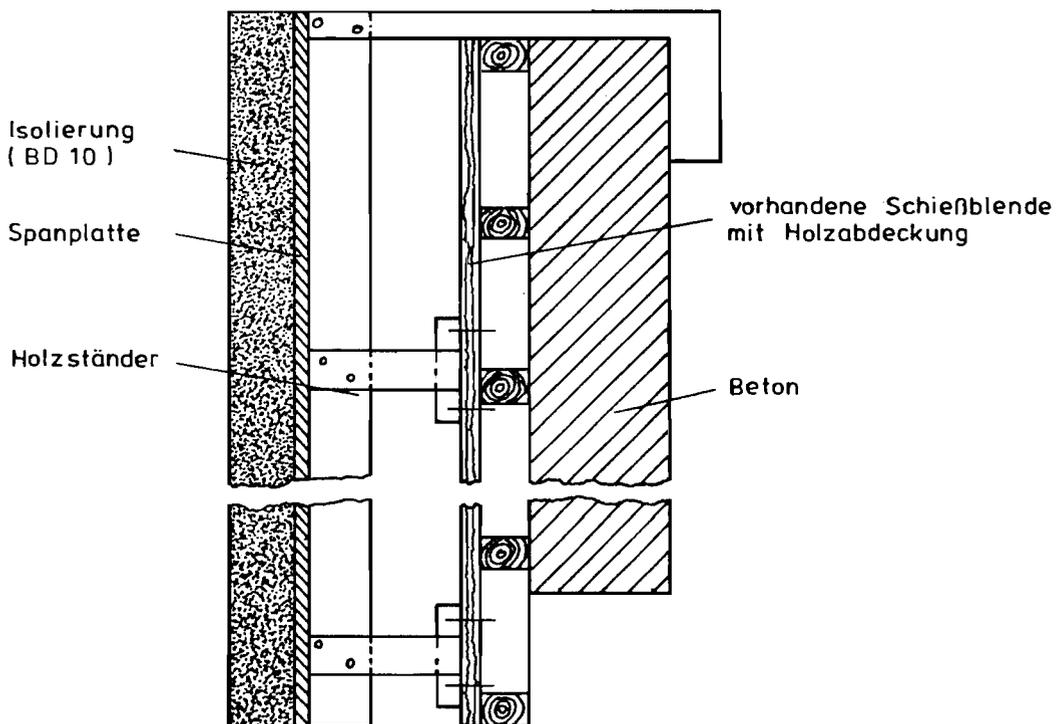


Abb. 23: Aufbau der schallabsorbierenden Blendenverkleidung

5.3.2.1. Meßergebnisse

a) Beim Schießen mit Platzpatronen

Zur Vermeidung möglicher Einflüsse auf die Meßwerte durch Geräuschanteile, die vom Geschoßknall hervorgerufen werden, ist zunächst mit Platzpatronen geschossen worden. Die Ergebnisse sind in der Tabelle 7 zusammengestellt.

Tabelle 7: Arithmetische Mittelwerte \bar{L} der Meßwerte L_{Apeak} , L_{AImax} und L_{AFmax} , Schwankungsbreite R, Standardabweichung s und Pegeldifferenz ΔL der Mittelwerte beim Schießen auf der Bahn mit verkleideter Blende (1) und unverkleideter Blende (3) mit Platzpatronen.

Abschußstelle Bahn	1	3	1	3	1	3
Meßpunkt	1	3	2	2	4	4
Schußzahl N	4	3	4	3	6	9
Pegelwerte (dB):						
\bar{L}_{Apeak}	101,3	110,3	101,2	104,3	60,6	68,3
R	4	15,5	12	10	3	1,7
s					1,0	0,6
ΔL		-9		-3,1		-7,7
\bar{L}_{AI}	83,4	91,6	85,8	88,7	48,8	52,2
R	5	10,2	11,2	6	3,2	2,2
s					1,4	0,8
ΔL		-8,3		-2,9		-6,4
\bar{L}_{AF}	79,7	87,5	81,9	84,3	45,8	51,5
R	2,7	15	10,8	6	3,5	1,2
s					1,3	0,7
ΔL		-7,8		-2,4		-5,7

Die Zahlenwerte der Tabelle lassen erkennen, daß sich sowohl in 75 m Entfernung von den Abschußstellen als auch im Immissionsbereich ein deutlicher Unterschied ergab zwischen den Pegeln, die beim Schießen vor verkleideter Blende ermittelt wurden und denjenigen, die beim Schießen vor unverkleideter Blende gemessen wurden.

Wie schon angeführt, befanden sich die Meßpunkte entgegengesetzt zur Schußrichtung. In dieser Ausbreitungsrichtung war jedes Schußsignal durch mindestens zwei Schallereignisse gekennzeichnet, den Mündungsknall und die Reflexion des Mündungsknalles an der ersten Schießblende. Aus zeitgedehnten Rückspielungen der mit einem FM-Band aufgenommenen Signale konnte ausgewertet werden, daß die o.a. Pegelabnahmen allein durch Verminderung des reflektierten Schallanteiles hervorgerufen worden sind.

b) Beim Schießen mit normaler Munition

Unter Beibehaltung der vorstehend beschriebenen Versuchsbedingungen wurden die Messungen auch beim Schießbetrieb mit Munition des Kalibers 7,62 durchgeführt. Die Geschwindigkeit dieser Munition beträgt ca. 800 ms^{-1} , so daß beim Abfeuern neben dem Mündungsknall auch ein Geschoßknall auftritt. In der Tabelle 8 sind die Ergebnisse dieser Untersuchungsreihe zusammengestellt.

Tabelle 8: Arithmetische Mittelwerte \bar{L} der Meßwerte L_{Apeak} , $L_{\text{AI max}}$ und $L_{\text{AF max}}$, Schwankungsbreite R, Standardabweichung s und Pegeldifferenz ΔL der Mittelwerte beim Schießen auf der Bahn mit verkleideter Blende (1) und unverkleideter Blende (3) mit normaler Munition.

Abschußstelle Bahn	1	3	1	3	1	3
Meßpunkt	1	3	2	2	4	4
Schußzahl N	32	54	35	47	36	36
Pegelwerte (dB):						
L_{Apeak}	113,8	118	115,6	116,3	78,7	75,8
R	15,5	12,5	12	22	7,5	5
s	2,9	3,2	3,2	3,9	2,5	1,5
ΔL	-4,2		-0,7		+2,9	
L_{AI}	96,6	98,9	96,2	96,7	63	61,8
R	11	7,3	8,5	10,5	9,3	5,5
s	2,4	1,8	2,3	1,9	2,2	1,3
ΔL	-2,1		-0,5		+1,2	
L_{AF}	91,8	94,5	91,8	92,6	59,7	58,6
R	10,7	8	7,3	7	8,2	5,7
s	2,2	1,7	2,1	1,6	2,1	1,4
ΔL	-2,7		-0,8		+1,4	

Die vorstehenden Ergebnisse lassen erkennen, daß sich in 75 m Entfernung von den Abschußstellen nur beim Vergleich der Meßwerte, die unmittelbar hinter dem Schützen ermittelt wurden, eine Pegelminderung ergibt. Zeitgedehnte Rückspielungen der Schußsignale und Auswertung der Spitzenpegel der vom Mündungs- bzw. Reflexionsknall hervorgerufenen Impulse zeigten, daß beim Schießen vor unverkleideter Blende die Spitzenpegel des reflektierten Schalles um ca. 5 dB höher lagen als diejenigen des Mündungskalles; beim Schießen vor verkleideter Blende lagen die Spitzenpegel des reflektierten Schalles geringfügig unter denjenigen des Mündungsschalles.

Wie die Zahlenwerte der Tabelle weiterhin erkennen lassen, war am Meßpunkt 2 seitlich der Abschußstellen schon praktisch kein Pegelunterschied mehr feststellbar in Abhängigkeit von der Schießblendenverkleidung.

Am Meßpunkt 4 im Immissionsbereich wurden, wie die Pegeldifferenzen der letzten Spalte in der Tabelle erkennen lassen, entgegen den Erwartungen beim Schießen vor der verkleideten Blende sogar geringfügig höhere Pegelwerte ermittelt als beim Schießen vor der unverkleideten Blende.

Zusammenfassend läßt sich feststellen, daß durch die schallabsorbierende Verkleidung der Vorderseite der ersten Schießblende auf einer Standortschießanlage beim Schießbetrieb mit normaler Munition im entgegengesetzt zur Schußrichtung gelegenen Immissionsbereich keine Pegelminderung erreicht wurde. Aus dem Ergebnis läßt sich jedoch nicht folgern, daß diese Maßnahme generell ungeeignet sei zur Verminderung von Schießgeräuscheinwirkungen. Abgesehen von der unzureichenden Witterungsbeständigkeit des hier gewählten Versuchsaufbaus einschließlich der verwendeten Materialien zeigen die beim Schießen mit Platzpatronen gewonnenen Ergebnisse, daß bei der Versuchsplanung nicht alle Einflußgrößen ausreichend berücksichtigt worden sind. Beispielsweise ist offenbar der an den Blenden reflektierte Geschoßknall auch im Bereich hinter dem Schützen wirksam; bei dem Versuch hätte deshalb nicht nur die Vorderseite der 1. Blende schallabsorbierend verkleidet werden dürfen, sondern auch die Rückseite der 1. Blende und die Vorder- und Rückseiten der nächstfolgenden Blenden.

6. S c h l u ß f o l g e r u n g e n

Die Untersuchungen sind im Nachbarschaftsbereich unterschiedlicher Schießstandanlagen durchgeführt worden. Dabei wurde insbesondere auf Probleme der Minderung in Verbindung mit möglichen Reflexionseinflüssen eingegangen.

Offensichtlich liegt in der Unkenntnis der Pegel-Zeitverläufe von Schußereignissen die Problematik der zumeist unbefriedigenden Erfolge bereits ausgeführter Minderungsmaßnahmen.

- Eine schallschluckende Kabine, auch wenn sie geräumiger als im dargelegten Fall erstellt wird, nützt allein wenig, wenn der Mündungs- und/oder Geschoßknall an Schießblenden reflektiert wird und in der Nachbarschaft einwirken kann.
- Die Verkleidung der ersten Schießblende allein bleibt erfolglos, wenn Ein- oder Mehrfachreflexionen an den folgenden Blenden auftreten können und außerdem der Mündungsknall nicht beachtet wird.
- Schirmwände oder -wälle verlieren an pegelmindernder Wirkung, weil die Entfernungen zwischen dem Geschoß als Quelle und dem Schirm variieren oder weil Reflexionen an hochstehenden Schießblenden die effektive Schirmhöhe vermindern.

Bei der Diskussion möglicher Minderungsmaßnahmen an Schießständen sollte jedoch auch zwischen den einzelnen Schießarten differenziert werden. In kritischen Nachbarschaftssituationen ließen sich Pistolenstände, KK-Stände der Sportschützen und Übungsstände für das jagliche Schießen auf den Kipphasen und den laufenden Keiler überbauen. 100-m- und 200-m-Büchsenstände für jagdliche Schießübungen lassen sich, wie ausgeführte Beispiele gezeigt haben, in Tunnelausführung erstellen. Für Trap- und Skeetschießstände bieten sich z.Z. noch keine generellen Minderungsmöglichkeiten an. Bei Neuplanungen sollte für derartige Anlagen zunächst auf ausreichenden Abstand (≥ 1200 m zur nächsten benachbarten Wohnbebauung) geachtet werden. Außerdem sollte die Wohnbebauung nach Möglichkeit entgegengesetzt der Schußrichtung liegen. Bei geringen Abständen würden sich evtl. Schirmwände oder schallschluckende Kabinen an den einzelnen Schießpositionen als Minderungsmöglichkeiten anbieten. Aufgrund unserer bisherigen Untersuchungen sind reflektierende Begrenzungen - auch Wald - in Schußrichtung zu vermeiden. Weitere Untersuchungen wären erforderlich zur Abstützung der Vermutung, daß es günstig erscheint, wenn an Trap- und Skeetständen in Schußrichtung der Schießstand durch einen nur schwach ansteigenden Erdwall mit niedrig bleibendem Bewuchs abgegrenzt wird. Eine optimale Lösung würde die Überbauung des gesamten Schießstandes darstellen. Es wäre zu prüfen, ob die damit verbundenen Vorteile - Schießbetrieb unabhängig von der Tageszeit und den Witterungsbedingungen - die Investitionen für eine oder mehrere zentral gelegene Anlagen rechtfertigen.

S c h r i f t t u m

- [1] Vierte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionschutzgesetzes (Verordnung über genehmigungsbedürftige Anlagen - 4. BImSchV) vom 14.2.1975. BGBl 1, (1975) S. 499, 727; geändert am 27.6.1980, BGBl 1, (1980) S. 772.
- [2] BALZARI et al:
"Außenlärm-Immissionsprognosen".
Bundesamt für Umweltschutz, Bern, März 1979, 168 Seiten.
- [3] HILLEN, R.:
Über Möglichkeiten zur Verbesserung der Qualität von Schießgeräusch Messungen im Immissionsbereich.
LIS-Berichte der Landesanstalt für Immissionsschutz des Landes NW, H. 41 (1983), 79 Seiten.
- [4] BAUER, H.:
Meßtechnische Erfassung von Schießlärm.
Referat im LIS-Fortbildungsprogramm 1978, Kurs 816.
- [5] PFANDER, F.:
Maßstäbe für die Beurteilung hörgefährdender Knallereignisse.
Kampf dem Lärm, 20 (1973), S. 141-148.
- [6] DIN IEC 651 "Schallpegelmesser",
Ausgabe 1979. Beuth-Vertrieb, Köln.
- [7] Allgemeine Verwaltungsvorschrift über genehmigungsbedürftige Anlagen nach § 16 der Gewerbeordnung.
Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm,
Beilage zum Bundesanzeiger Nr. 137 vom 26.7.1968.
- [8] HEINTZ, P. et al:
Sozio-psychologische Schießlärmuntersuchung.
Bundesamt für Umweltschutz, Bern 1980.
- [9] BUCHTA, E.:
Lästigkeit von Schießlärm.
Forschungsbericht 82-10501314 des Umweltbundesamtes vom 29.1.1983, 176 Seiten.

- [10] STRUBE, C.-H.:
Schußknalle von Schrotpatronen.
DEVA-Information in "Der Büchsenmacher" Nr. 12 (1979),
Seite 370.
- [11] Umweltbundesamt, Berlin
Belästigung durch Schießlärm und Lärminderungsmaßnahmen an
Schießanlagen.
Referate anlässlich des Symposiums des Umweltbundesamtes am
12. und 13.6.1980 in Berlin.
Tagungsbericht: Texte des Umweltbundesamtes Juni 1981.

Berichte der

LANDESANSTALT FÜR IMMISSIONSSCHUTZ DES LANDES NORDRHEIN-WESTFALEN, ESSEN

- LIS-Berichte -

Die LIS-Berichte haben spezielle Themen aus den wissenschaftlichen Untersuchungen der LIS zum Gegenstand. Die in der Regel umfangreichen Texte sind nur in begrenzter Auflage vorrätig. Einzelexemplare werden Interessenten auf Anforderung kostenlos zur Verfügung gestellt.

Anforderungen sind zu richten an die

Landesanstalt für Immissionsschutz
des Landes Nordrhein-Westfalen
Wallneyer Str. 6
4300 E s s e n 1

- Berichte-Nr. 1: KRAUTSCHEID, S. und P. NEUTZ:
(vergriffen) LIDAR zur Fernüberwachung von Staubemissionen.
- Nachweis der Kalibrierfähigkeit eines LIDAR-Systems - (1978).
- Berichte-Nr. 2: BUCK, M.:
(vergriffen) Die Bedeutung unterschiedlicher Randbedingungen bei der Messung und Beurteilung der Luftqualität (1978).
- Berichte-Nr. 3: SCHEICH, G.:
(vergriffen) Entwicklung und Anwendung von Ausbreitungsmodellen und Luftüberwachungsprogramme in den USA (1979).
- Berichte-Nr. 4: SPLITTGERBER, H. und K.H. WIETLAKE:
(vergriffen) Ermittlung der Luftschalldämmung von Bauelementen für Industriebauten am Bau (1979).
- Berichte-Nr. 5: SPLITTGERBER, H.:
(vergriffen) Zur Problematik der Meßgrößen und Meßwerte bei Erschütterungsmissionen (1979).
- Berichte-Nr. 6: STRAUCH, H. und K.H. GOLDBERG:
(vergriffen) Ermittlung der Dämmwirkung von Dachentlüftern für Werkshallen im Einbauzustand unter Berücksichtigung der baulichen Nebenwege (1979).
- Berichte-Nr. 7: KRAUSE, G.M.H., B. PRINZ UND K. ADAMEK:
(vergriffen) Untersuchungen zur Anwendbarkeit der Falschfarbenfotografie für die Aufdeckung und Dokumentation von Immissionswirkungen auf Pflanzen (1980).
- Berichte-Nr. 8: WIETLAKE, K.H.:
(vergriffen) Erschütterungsminderung durch "Direktabfederung" von Schabotte-Schmiedehämmern (1980).
- Berichte-Nr. 9: STRAUCH, H.:
(vergriffen) Methoden zur Aufstellung von Lärminderungsplänen (1980).
- Berichte-Nr. 10: HILLEN, R.:
(vergriffen) Untersuchung zur flächenbezogenen Geräuschbelastungs-Kennzeichnung -Ziele, Methodik, Ergebnisse- (1980).
- Berichte-Nr. 11: MANN, H., H. GIES und W. STRAMPLAT:
(vergriffen) Erprobung des Staub-Immissionsmeßgerätes FH62I für die kontinuierliche Bestimmung der Schwebstoffkonzentration in Luft (1980).
- Berichte-Nr. 12: GIEBEL, J.:
(vergriffen) Verhalten und Eigenschaften atmosphärischer Sperrschichten (1981).
- Berichte-Nr. 13: BRÖKER, G., H. GLIWA und E. MEURISCH:
Abscheidegrade von biologisch- und chemisch-aktiven Aggregaten zur Desodorierung osmogener Abluft von Tierkörperbeseitigungsanlagen (1981).

- Berichte-Nr. 14: BRANDT, C.J.:
(vergriffen) Untersuchungen über Wirkungen von Fluorwasserstoff auf Lolium Multiflorum und andere Nutzpflanzen (1981).
- Berichte-Nr. 15: WELZEL, K. und H.D. WINKLER:
(vergriffen) Emission und interner Kreislauf von Thallium bei einem Drehrohfen mit Schwebegaswärmeaustauscher zur Herstellung von Portlandzementklinker unter Einsatz von Purpurerz als Eisenträger. - 1. Bericht - (1981).
- Berichte-Nr. 16: PRINZ, B. und E. KOCH:
Umweltpolitik und technologische Entwicklung in der VR China (1984).
- Berichte-Nr. 17: BRÖKER, G. und H. GLIWA:
(vergriffen) Untersuchungen zu den Dioxin-Emissionen aus den kommunalen Hausmüllverbrennungsanlagen in Nordrhein-Westfalen (1982).
- Berichte-Nr. 18: BUCK, M., H. IXFELD und K. ELLERMANN:
Die Entwicklung der Immissionsbelastung in den letzten 15 Jahren in der Rhein-Ruhr-Region (1982).
- Berichte-Nr. 19: PFEFFER, H.U.:
Das Telemetrische Echtzeit-Mehrkomponenten-Erfassungssystem TEMES zur Immissionsüberwachung in Nordrhein-Westfalen (1982).
- Berichte-Nr. 20: BACH, R.W.:
Über Schätzfunktionen zur Bestimmung hoher Quantile der Grundgesamtheit luftverunreinigender Schadstoffkonzentrationen aus Stichproben (1982).
- Berichte-Nr. 21: STRAUCH, H.:
(vergriffen) Hinweise zur Anwendung flächenbezogener Schalleistungspegel (1982).
- Berichte-Nr. 22: SPLITTGERBER, H.:
Verfahren zur Auswertung von Erschütterungsmessungen und zur Beurteilung von Erschütterungsimmissionen (1982).
- Berichte-Nr. 23: KRAUSE, G.M.H.:
(vergriffen) Immissionswirkungen auf Pflanzen - Forschungsschwerpunkte in den Vereinigten Staaten von Amerika. Bericht über eine Reise in die USA und die Teilnahme am 13. Air Pollution Workshop in Ithaca, N. Y., in der Zeit vom 02.05.-24.05.1981 (1982).
- Berichte-Nr. 24: KÜLSKE, S.:
(vergriffen) Analyse der Periode sehr hoher lokaler Schadstoffbelastungen im Ruhrgebiet vom 15.01.1982 bis 20.01.1982 (1982).
- Berichte-Nr. 25: VAN HAUT, H. und G.H.M. KRAUSE:
(vergriffen) Wirkungen von Fluorwasserstoff-Immissionen auf die Vegetation (1982).
- Berichte-Nr. 26: KOCH, E., V. THIELE, J. GIEBEL, H. STRAUCH und P. ALTENBECK:
Empfehlungen für die problemgerechte Erstellung von Immissionsschutzgutachten in Bauleitplanverfahren (1982).
- Berichte-Nr. 27: MANNS, H., H. GIES und G. NITZ:
(vergriffen) Verbesserung der Zuverlässigkeit und Vergleichbarkeit von Messungen zur Ermittlung aromatischer Kohlenwasserstoffe in der Außenluft (1982).
- Berichte-Nr. 28: PRINZ, B., G.M.H. KRAUSE und H. STRATMANN:
(vergriffen) Vorläufiger Bericht der Landesanstalt für Immissionsschutz über Untersuchungen zur Aufklärung der Waldschäden in der Bundesrepublik Deutschland (1982).
- Berichte-Nr. 29: GIEBEL, J.:
Untersuchungen über Zusammenhänge zwischen Sperrschichthöhen und Immissionsbelastung (1983).
- Berichte-Nr. 30: MANNS, H. und H. GIES:
Ergebnisse der Laborprüfung und Optimierung des meßtechnischen Teiles der Ozon-Meßplätze im Meßnetz LIMES-TEMES (1983).

- Berichte-Nr. 31: BEINE, H., R. SCHMIDT UND M. BUCK:
Ein Meßverfahren zur Bestimmung des Schwefelsäure- und Sulfatgehaltes in Luft (1983).
- Berichte-Nr. 32: BEIER, R. und P. BRUCKMANN:
Messung und Analyse von Kohlenwasserstoff-Profilen im Rhein-Ruhrgebiet (1983).
- Berichte-Nr. 33: FRONZ, W.:
(vergriffen) Ermittlung von Verkehrsgeräusch-Immissionen
- zum tageszeitlichen Verlauf des Geräuschpegels und des Verkehrsaufkommens an Bundes- und Sammelstraßen (1983).
- Berichte-Nr. 34: BRÖKER, G.:
Zusammenfassende Darstellung der Emissionssituation in Nordrhein-Westfalen und der Bundesrepublik Deutschland für Stickstoffoxide (1983).
- Berichte-Nr. 35: PIORR, D. und R. HILLEN:
Veränderung akustischer Kenngrößen infolge der nächtlichen Abschaltung von Lichtsignalanlagen (1983).
- Berichte-Nr. 36: BUCK, M., H. IXFELD und K. ELLERMANN:
Benzol-Immissionsmessungen im Lande Nordrhein-Westfalen (1983).
- Berichte-Nr. 37: BACH, R.-W. und H. STRATMANN:
Untersuchungen zur Bestimmung der Aufnahme rate des IRMA-Gerätes bei verschiedenen Anströmverhältnissen (1983).
- Berichte-Nr. 38: WIETLAKE, K.H.:
(vergriffen) Beurteilung und Minderung tieffrequenter Geräusche (1983).
- Berichte-Nr. 39: STRAUCH, H. und K. SCHWENGER:
Geräusche und Erschütterungen, verursacht durch elektrisch angetriebene Wärmepumpen (1983).
- Berichte-Nr. 40: BRÖKER, G. und B. SCHILLING:
Schwermetallemissionen bei der Verbrennung kommunaler Klärschlämme (1983).
- Berichte-Nr. 41: HILLEN, R.:
Über Möglichkeiten zur Verbesserung der Qualität von Schießgeräuschmessungen im Immissionsbereich (1983).
- Berichte-Nr. 42: KLEIN, M.:
Untersuchung zur Schallausbreitung im Freien - Ziele, Physik der Schallausbreitung, Vorgehensweise, Ergebnisse - (1983).
- Berichte-Nr. 43: PFEFFER, H.-U., S. KÜLSKE und R. BEIER:
Jahresbericht 1981 über die Luftqualität an Rhein und Ruhr.
Ergebnisse aus dem telemetrischen Immissionsmeßnetz TEMES in Nordrhein-Westfalen. (1984)
- Berichte-Nr. 44: BUCK, M., H. IXFELD und R. BEIER:
Immissionsbelastung durch Fluor-Verbindungen in der Nachbarschaft der Aluminiumhütte LMG in Essen. (1984).
- Berichte-Nr. 45: STRAUCH, H. und R. HILLEN:
Geräuschimmissionen in Großstädten; Flächenbezogene Kennzeichnung dieser Geräuschimmissionen (1984).
- Berichte-Nr. 46: BUCK, M. und P. BRUCKMANN:
Air quality surveillance in the Federal Republic of Germany (1984).

- Berichte-Nr. 47: BEIER, R.:
Kohlenwasserstoffbelastung in Ahlen - eine statistische Analyse - (1984).
- Berichte-Nr. 48: SCHADE, H.:
Prognose der Schadstoffemissionen aus Verbrennungsanlagen im Belastungsgebiet
Rheinschiene-Süd für die Jahre 1985 und 1990 (1984).
- Berichte-Nr. 49: STRATMANN, H.:
Wirkungen von Luftverunreinigungen auf die Vegetation.
Bewertung der Luftanalyse auf der Grundlage weiterentwickelter Dosis-
Wirkungsbeziehungen für Schwefeldioxid und Ozon zur Ursachenaufklärung der
neuartigen Waldschäden (1984).

Anmerkung:

Die LIS-Berichte - auch die vergriffenen - stehen Interessenten in zahlreichen Universitäts- und Hochschulbibliotheken zur Ausleihe bzw. Einsichtnahme zur Verfügung.