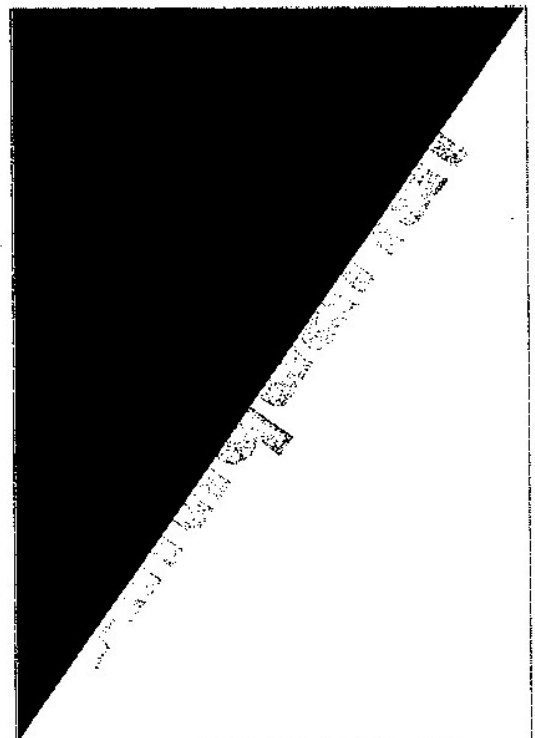


# BUNDESINSTITUT FÜR SPORTWISSENSCHAFT

Dietrich Kühner  
Geräuschemissions-  
prognose für die  
Errichtung oder Änderung  
von Schießständen



Berichte  
B1/02

Schriftenreihe

SPORTANLAGEN UND SPORTGERÄTE

Schriftenreihe „Sportanlagen und Sportgeräte“ des Bundesinstituts für Sportwissenschaft, Berichte B1/02

Die Deutsche Bibliothek – CIP-Einheitsaufnahme

Ein Titeldatensatz für diese Publikation ist bei der Deutschen Bibliothek erhältlich

Ergebnis eines vom Bundesinstitut für Sportwissenschaft vergebenen Forschungsauftrages.

Auftragnehmer und Verfasser: Dr. Dietrich Kühner, deBAKOM GmbH, Odenthal

unter Mitwirkung des

Projektbeirates „Schießgeräusche“: Dipl.-Ing. Edgar Bones, Neuss

Baudirektor Rüdiger Borgmann, Bayerisches Landesamt für Umweltschutz, München

Regierungsdirektor Dr. Herbert Brodmann, Ministerium für Arbeit, Frauen, Gesundheit und Soziales, Magdeburg

Regierungsdirektor Dr. Rudolf Brüggemann, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Bonn

Ministerialrätin Annemarie Erlenwein, Ministerium für Arbeit, Soziales und Stadtentwicklung, Kultur und Sport, Düsseldorf

Dr. Hans Jägemann, Deutscher Sportbund, Frankfurt / Main

Dr. Armin Junker, Bundesverband Schießstätten e.V., Troisdorf

Heinz Lämmle, Deutscher Sportbund, Leutenbach

Dipl.-Ing. Dieter Stiefel, Deutscher Schützenbund, Pfaffenhoven

Ing. Klaus Henning Strube, Deutsche Versuchs- und Prüfanstalt, Altenbeken-Buke

Redaktion:

Dipl.-Ing. Peter Ott, Bundesinstitut für Sportwissenschaft, Bonn

Layout:

Jutta Walczuch, Bundesinstitut für Sportwissenschaft, Bonn

Herausgeber:

Bundesinstitut für Sportwissenschaft  
Graurheindorfer Str. 198  
53117 Bonn

Druck:

Tel.: 01888-640-0  
Hausdruckerei des Statistischen Bundesamtes, Zweigstelle Bonn

Verlag:

Sport und Buch Strauß, Olympiaweg 1, 50933 Köln  
1. Auflage 2002

© Bundesinstitut für Sportwissenschaft, Bonn

## Vorwort

Das vorliegende Werk ist die überarbeitete und aktualisierte Fassung der 1979 vom Bundesinstitut für Sportwissenschaft herausgegebenen Publikation „Geräuschemissionsprobleme und ihre Lösung im Schießstandbau“. Eine Vielzahl von technischen und rechtlichen Änderungen machten diese Neufassung notwendig.

Das Thema der Geräuschemissionsprognose für den Schießstandbau wendet sich insbesondere an Planer und Betreiber von Schießsportanlagen. Das wachsende Umweltbewusstsein der Bevölkerung in Verbindung mit den näherrückenden Bebauungsgebieten zu Schießständen erfordert von den Betreibern von Schießstandanlagen die Beachtung der berechtigten Wünsche von Anwohnern, die an einer Senkung der Reizschwelle aller Immissionen und damit auch der Geräuschbeeinflussung durch Schießstände interessiert sind. Dies um so mehr, als Schussgeräusche von Schießständen vorrangig während der Freizeit, am Feierabend oder an Wochenenden auftreten.

Die in der Publikation aufbereitete Anleitung befasst sich mit möglichen Konflikten, die durch Schießemissionen während des Betriebs der Schießsportanlagen mit dem angrenzenden Umfeld entstehen können und mit den Grundlagen für vorausschauende Lösungen durch bauliche und/oder organisatorische Maßnahmen. Es werden die auf die Umgebung einwirkenden Schallimmissionen prognostiziert und die Schießsportanlage entsprechend der rechtlichen Rahmenbedingungen schalltechnisch optimiert. Dies heißt jedoch, dass bereits in der Planungsphase einer Schießsportanlage die Betriebsdaten in ihrer zeitlichen Nutzung, Art und Häufigkeit der benutzten Waffen und Munition bekannt sein müssen. Zum Weiteren müssen auch die Emissionen aus dem anlagenbezogenen an- und abfahrenden Verkehr und evtl. weitere anlagenverbundene Schallemissionen in die Rechnung mit einbezogen werden.

Auch im Fall der Abwägung verschiedener Standorte und damit verbundene Lagevorteile und sonstige Bedingungen soll es ermöglicht werden die jeweiligen Schallschutzmaßnahmen zu prognostizieren, um die Kosten bestimmen zu können.

Allerdings kann dieses vorliegende Werk den für die Beurteilung der Schallimmission notwendigen Fachmann als Sachverständigen oder Sonderingenieur nicht ersetzen.

Meinen besonderen Dank möchte ich den Mitgliedern des Projektbeirates „Schießgeräusche“ aussprechen, die das Vorhaben mit ihrem Wissen und Rat begleitet und angereichert haben.

Ich hoffe, dass diese Publikation zum konfliktfreien Miteinander von Schießstandnutzern und der Nachbarschaft von Schießständen einen Beitrag leisten kann.

Dr. Martin-Peter BÜch  
Direktor des Bundesinstituts für Sportwissenschaft





**Inhaltsverzeichnis**

Vorwort .....	3
Inhaltsverzeichnis .....	5
<b>1 Einleitung .....</b>	<b>7</b>
<b>2 Anforderungen an Schießstätten .....</b>	<b>7</b>
2.1 Schießstände .....	7
2.2 Rechtliche Anforderungen .....	7
2.3 Zurechenbare Geräusche .....	8
2.3.1 Immissionsrichtwerte „Außen“ .....	9
2.3.2 Immissionsrichtwerte „Innen“ .....	10
2.3.3 Immissionsrichtwerte für Maximalpegel .....	10
2.3.4 Besonderheiten bei seltenen Störereignissen .....	10
2.3.5 Immissionsgrenzwerte der Verkehrslärmschutzverordnung [9] .....	10
2.3.6 Immissionsorte .....	10
<b>3 Beurteilungspegel für Schießgeräusche .....</b>	<b>10</b>
3.1 Genehmigungsbedürftige Anlagen .....	11
3.2 Nicht genehmigungsbedürftige Anlagen .....	12
<b>4 Schalleistungspegel .....</b>	<b>13</b>
4.1 Mündungsknall .....	13
4.2 Geschossknall .....	14
4.3 Anlagentyp, Richtwirkung und Reflexionskorrekturfaktor $R_C$ .....	15
4.3.1 Offener Stand .....	15
4.3.2 Offener Schießstand mit Umschließung des Schützenstandes .....	15
4.3.3 Teilgedeckter Schießstand .....	15
4.3.4 Geschlossener Schießstand .....	16
<b>5 Schallimmissionen .....</b>	<b>16</b>
5.1 Messort, Messhäufigkeit .....	16
5.2 Schallimmissionsprognose mit Hindernissen .....	17
5.3 Bildung des maßgeblichen Beurteilungspegels .....	18
5.4 Spektrale Struktur der Schallemission .....	18
<b>6 Schallimmissionsprognose anhand von Betriebsdaten .....</b>	<b>20</b>
6.1 Betriebsbeschreibung und Angaben zur Schallemission .....	20
6.2 Anlagenbeschreibung .....	22
6.2.1 Vollkommen offener Schießstand .....	22
6.2.2 Offener Schießstand mit Umschließung des Schützenstandes .....	22
6.2.3 Teilgedeckte Schießstände .....	22
6.2.4 Geschlossener Schießstand .....	22

<b>7</b>	<b>Bemessung von baulichen Maßnahmen</b> .....	<b>22</b>
7.1	Vollkommen offene Schießstände.....	22
7.2	Offene Schießstände mit Umschließung des Schützenstandes.....	22
7.3	Teilgedeckte Schießstände.....	23
7.4	Geschlossene Schießstände.....	23
7.5	Schallabsorptionsverkleidungen.....	23
7.5.1	Wand- und Deckenverkleidungen für geschlossene Schießstände.....	24
7.5.2	Blenden bei offenen Schießständen.....	25
7.5.3	Vermeidung von Kondensatbildung und Feuchte.....	25
7.6	Maßnahmen zur Minderung des Mündungsknalls.....	26
7.7	Schalldämmende Bauteile.....	26
<b>8</b>	<b>Beispiele</b> .....	<b>27</b>
8.1	Beispiel 1.....	27
8.2	Beispiel 2.....	28
8.3	Beispiel 3.....	31
<b>9</b>	<b>Literatur</b> .....	<b>33</b>
<b>Anhang A.1</b> .....		<b>35</b>
A.1	Schalltechnische Grundlagen.....	37
A.1.1	Frequenz, Wellenlänge, Fortpflanzungsgeschwindigkeit.....	37
A.1.2	Schalldruck, Schallleistung.....	37
A.1.3	Schallkenndaten und deren messtechnische Erfassung.....	37
A.1.3.1	Schalldruckpegel, Schallleistungspegel, Mittelungspegel.....	37
A.1.3.2	Messung.....	38
A.1.3.3	Anzeigeart.....	39
A.1.3.4	Zuschläge.....	40
<b>Anhang A.2</b> .....		<b>41</b>
A.2	Klassierung des Systems Waffe/ Munition für den Mündungsknall anhand gemessener Beispiele.....	43
<b>Anhang A.3</b> .....		<b>47</b>
A.3	Schallausbreitung nach ISO 9613-2 [26].....	49
A.3.1	Richtwirkungsmaß, Raumwinkelmaß.....	49
A.3.2	Abstandsmaß.....	49
A.3.3	Luftabsorptionsmaß.....	49
A.3.4	Boden- und Meteorologiedämpfungsmaß.....	49
A.3.5	Bewuchsdämpfungsmaß.....	49
A.3.6	Pegelminderung durch Hindernisse.....	49
A.3.7	Schallabstrahlung von Gebäuden.....	50

## 1 Einleitung

Grundlage dieses Berichtes ist das vom Bundesinstitutes für Sportwissenschaft, Köln, 1979 publizierte Forschungsvorhaben „Geräuschemissionsprobleme und ihre Lösung im Schießstandbau“ (von Rekowski und Wolff) [1]. Seit 1979 sind zahlreiche Veränderungen eingetreten, die die Messung und Beurteilung von Schießgeräuschen und die Sicherheitsbestimmungen betreffen, die von Kühner unter Einbeziehung des Projektbeirates „Geräuschemissionen im Schießsport“ eingearbeitet wurden.

Der Bericht wendet sich an Betreiber und Nutzer bestehender Schießanlagen und an Architekten und Ingenieure, die die Errichtung oder Änderung eines Schießstandes planen. Die rechtlichen Anforderungen, die dabei zu beachten sind, sind im Abschnitt 2 an den Anfang gestellt, einschließlich der anzuwendenden Vorschriften zur Berechnung des Beurteilungspegels und der dazugehörigen Immissionsrichtwerte, mit denen die Beurteilungspegel zu vergleichen sind.

Im Abschnitt 3 sind die schalltechnischen Grundlagen zur Messung und Beurteilung nach geltendem Recht zusammengestellt. Dem Anhang A1 können dazu weitere Details entnommen werden. Im Abschnitt 4 sind die Ergebnisse aus Messungen von verschiedenen Waffen- und Munitionsarten zusammengefasst. Diese belegen, dass anhand des Waffentyps, der Lauflänge und der Geschossenergie die Schallemission des Mündungsknalls geschätzt werden kann. Ergänzend können anhand der im Anhang A2 zusammengestellten, gemessenen Beispiele bestimmte Kombinationen aus Waffe und Munition jeweils einer von 12 Emissionsklassen zugeordnet werden. Dies ermöglicht es, die Emission eines Schießstandes durch die Zahl der Schüsse pro Klasse und Tag zu beschreiben. Das Kapitel wird ergänzt durch die Näherungsformeln für die Schallemission des Geschosknalls.

Im Abschnitt 5 wird die Vorgehensweise bei der Berechnung von Immissionspegeln aus Emissionspegeln dargelegt; Details sind dem Anhang A3 zu entnehmen. Daran schließt sich im Abschnitt 6 an, wie der Betrieb einer Schießanlage zu beschreiben ist, um eine Berechnung des Beurteilungspegels aus Daten zu ermöglichen.

Im Abschnitt 7 wird auf die Möglichkeit der Lärminderung bei der Planung und Änderung von Schießanlagen eingegangen und der Stand der Technik beschrieben. Da beim Bau von Schießanlagen die Schießstand-Richtlinie des Deutschen Schützenbundes [2] zu beachten ist, ist die Auswahl von geeigneten Baumaterialien insbesondere aus Sicherheitsgründen eingeschränkt. Auf die Brandgefahr durch unbeeidnete schallabsorbierende

Materialien und auf die Gefährdung des Schützen durch rückprallende Geschossteile sei hier ausdrücklich hingewiesen.

Der Abschnitt 8 ist praktischen Beispielen gewidmet, die eine Handhabung der in den Abschnitten 2 bis 6 dargestellten Handlungsanweisung erläutern sollen. Dabei wird gezeigt, wie mit relativ geringem Aufwand Fragen, die bei der Genehmigung einer Einzelveranstaltung, eines neuen Schießstandes oder bei wesentlichen Änderungen eines vorhandenen Standes auftreten, beantwortet werden können.

Grundsätzlich wird davon ausgegangen, dass genauere Prognosen mit am Markt verfügbaren Rechenprogrammen erreicht werden können. Auf die dabei zu treffenden Mindestanforderungen für die Modellansätze wird im wesentlichen in Abschnitt 5 eingegangen.

## 2 Anforderungen an Schießstätten

### 2.1 Schießstände

Der Deutsche Schützenbund e.V. unterscheidet in seinen Richtlinien für die Errichtung, die Abnahme und das Betreiben von Schießständen [2] vier Anlagentypen.

#### Vollkommen offener Schießstand, Typ 1

Hierzu zählen Schrotschießstände, bei denen im Regelfall keine umschließenden Bauteile vorhanden sind.

#### Offener Schießstand mit Umschließung des Schützenstandes, Typ 2

Der Schützenstand ist bis auf die Ausschusseite bzw. Brüstungsseite durch Bauteile allseitig umschlossen. Diese Schießstandart ist die meistgebräuchlichste, vor allem bei Langwaffen. In der Schießbahn wird durch Bauteile (Seitenmauern, Wälle, Hochblenden und Schießbahnabschluss) die Schallabstrahlung beeinflusst.

#### Teilgedeckter Schießstand, Typ 3

Bei diesen Schießständen erfolgt neben der Umschließung des Schützenstandes auch eine Teilabdeckung der Schießbahn über die erste Hochblende hinaus bzw. über eine Länge von 5 m.

#### Geschlossener Schießstand, Typ 4

Solche Schießstände sind allseitig umschlossen und werden vorrangig für Kurzwaffen errichtet.

### 2.2 Rechtliche Anforderungen

Schießstätten, die zur Sportausübung bestimmt und geeignet sind und einer Genehmigung nach § 4 des Bundes-Immissionsschutzgesetzes [3] nicht bedürfen, unterliegen ausnahmslos der Sportanlagenlärm-schutzverordnung (18 BImSchV) [4]. Für Schieß-

stätten, die einer Genehmigung nach § 4 des Bundes-Immissionsschutzgesetzes bedürfen, gilt grundsätzlich die TA Lärm [5]. Einer Genehmigung nach § 4 Bundes-Immissionsschutzgesetz bedürfen Schießstände für Handfeuerwaffen, die sich nicht in geschlossenen (Typ 1 bis 3) Räumen befinden (§ 2 und Nr. 10.18 der Anlage 10 der 4. BImSchV [7]). Für Schießstände aller Typen für Luftdruck- und CO<sub>2</sub>-Waffen, falls sie der Sportausübung dienen, und für Schießstände in geschlossenen Räumen (Typ 4) ist daher lediglich ein Antrag auf Baugenehmigung zu stellen. Für die genehmigungsbedürftigen Anlagen ist das Genehmigungsverfahren nach § 19 BImSchG durchzuführen.

Ist eine nicht genehmigungsbedürftige Anlage zur Sportausübung bestimmt und geeignet, gilt die Sportanlagenlärmschutzverordnung (18. BImSchV) [4], d.h. für alle Schießstände des Typs 1 bis 3 für Luftdruck- und CO<sub>2</sub>-Waffen, falls sie der Sportausübung dienen. Für diese Schießsportanlagen ist ein Rückgriff auf die TA Lärm [5] nicht zulässig. Soweit Unterschiede zwischen der 18. BImSchV [4] einerseits und der TA Lärm [5] andererseits bestehen, werden sie im folgenden Text jeweils deutlich gemacht.

Für die Ermittlung von Geräuschimmissionen genehmigungsbedürftiger Schießsportanlagen ist nach TA Lärm A.1.6 die VDI-Richtlinie 3745 [8] heranzuziehen. Eine ähnliche Aussage trifft die 18. BImSchV [4] für die genehmigungsfreien Schießsportanlagen nicht, da die VDI-Richtlinie 3745 [8] zum Zeitpunkt des Inkrafttretens der 18. BImSchV [4] nur im Entwurf vorlag. Die VDI-Richtlinie 3745 [8] kann ergänzend zu den Nrn. 2 und 3 des Anhangs der 18. BImSchV [4] herangezogen werden, allerdings nur insoweit, als die 18. BImSchV Sachverhalte nicht in anderer Weise geregelt hat, da Regelungen einer Rechtsverordnung der VDI-Richtlinie 3745 [8] vorgehen.

Aus den oben umrissenen, rechtlichen Anforderungen ergibt sich, dass schon vor der Errichtung oder wesentlichen Änderung einer Schießanlage die zu erwartenden Schallimmissionen prognostiziert werden müssen, um eine Beurteilung des zu erwartenden Schießlärms in der Nachbarschaft zu ermöglichen. Dazu müssen die Betriebsdaten bekannt sein. Diese umfassen die zeitliche Nutzung des Schießstandes und die Art und Häufigkeit der benutzten Waffen- und Munitionsarten. Weiter müssen die sonstigen mit dem Betrieb der Schießanlage verknüpften Aktivitäten, die zu Schallemissionen führen, genannt werden, damit sie der Anlage zugerechnet werden können.

### **Anmerkung zu genehmigungsbedürftigen Schießanlagen:**

*Für bestehende Anlagen, die nach der TA Lärm von 1968 errichtet wurden, gilt der Genehmigungsbescheid weiter. Dieser Bescheid kann durch eine Neu- oder Änderungsgenehmigung ersetzt bzw. abgeändert werden. Für nachträgliche Anordnungen gelten die Anforderungen nach Nr. 5 der TA Lärm.*

### **2.3 Zurechenbare Geräusche**

Wesentlich für die Planung oder Überprüfung von Schießanlagen ist, dass neben den Schießgeräuschen die Verkehrsgeräusche auf dem Grundstück durch Parken, Zu- und Abfahren der Fahrzeuge der Anlage zuzuordnen und wie Anlagengeräusche zu ermitteln und zu beurteilen sind (siehe TA Lärm 7.4 bzw. 18. BImSchV A.1.19). Dies gilt gleichermaßen für genehmigungsfreie wie für genehmigungsbedürftige Schießsportanlagen. Die Verkehrsgeräusche in oder außerhalb der Schießsportanlage sind in beiden Fällen nach der Verkehrslärmschutzverordnung (16. BImSchV [9]) zu berechnen. Verkehrsgeräusche auf öffentlichen Straßen und Plätzen bis zu einem Abstand von 500 m sind nach TA Lärm [5] nur insoweit dem Anlagenbetrieb zuzuordnen, als es sich um die notwendige Benutzung bestimmter Verkehrswege durch Besucher der Anlage handelt. Werden durch die zu- und abfahrenden Fahrzeuge die Beurteilungspegel der Verkehrsgeräusche am Tage oder in der Nacht um mindestens 3 dB(A) erhöht und die Immissionsgrenzwerte der 16. BImSchV [9] überschritten, dann soll mit organisatorischen Maßnahmen die Überschreitung minimiert werden (siehe TA Lärm Nr. 7.4). Bei der Anwendung der 18. BImSchV [4] ist entsprechend zu verfahren; der Abstand 500 m findet sich in der 18. BImSchV [4] nicht; kann jedoch als Konkretisierung analog übernommen werden.

**Anmerkung:** Eine Zunahme von 3 dB(A) bedeutet die Verdopplung der durchschnittlichen Fahrzeugbewegungen in der Beurteilungszeit nach der 16. BImSchV [9] (16 Stunden Tageszeit und 8 Stunden Nachtzeit).

Eine einheitliche Verfahrensweise für die Bildung des Beurteilungspegels der Schallimmissionen aller Anlagentypen ist rechtlich nicht zulässig, insbesondere weil die 18. BImSchV [4] und die TA Lärm [5] unterschiedliche Regelungen zu den werktäglichen Ruhezeiten, zu den Sonn- und Feiertagen und zu den Beurteilungszeiträumen treffen. Der Wert des maßgeblichen Beurteilungspegels nach TA Lärm [5] wird mit den Immissionsrichtwerten verglichen.



### 2.3.1 Immissionsrichtwerte „Außen“

Die Immissionsrichtwerte richten sich in der TA Lärm [5] und der Sportanlagenlärmverordnung [4] nach der Schutzbedürftigkeit der Gebiete. Die TA Lärm [5] kennt keine Richtwerte für Ruhezeiten und behandelt im Gegensatz zur Sportanlagenlärm-

schutzverordnung auch nicht getrennte Zeitabschnitte. Allerdings berücksichtigt die TA Lärm [5] Zuschläge für Ruhezeiten. Im folgenden werden die Immissionsrichtwerte nach TA Lärm der Zeiteinteilung der Sportanlagenlärmverordnung [4] gegenübergestellt:

Tab. 2.3.1.1: Liste der Immissionsrichtwerte nach TA Lärm [5] und 18. BImSchV [4]

Gebiet	TA Lärm	18. BImSchV
a) Industriegebiete	70 dB(A)	--
b) Gewerbegebiete tags außerhalb der Ruhezeiten tags innerhalb der Ruhezeiten nachts	65 dB(A) (65 dB(A))* 50 dB(A)	65 dB(A) 60 dB(A) 50 dB(A)
c) Kerngebiete, Dorfgebiete und Mischgebiete tags außerhalb der Ruhezeiten tags innerhalb der Ruhezeiten nachts	60 dB(A) (60 dB(A))* 45 dB(A)	60 dB(A) 55 dB(A) 45 dB(A)
d) Allgemeine Wohngebiete und Kleinsiedlungsgebiete tags außerhalb der Ruhezeiten tags innerhalb der Ruhezeiten nachts	55 dB(A) (55 dB(A))* 40 dB(A)	55 dB(A) 50 dB(A) 40 dB(A)
e) Reine Wohngebiete tags außerhalb der Ruhezeiten tags innerhalb der Ruhezeiten nachts	50 dB(A) (50 dB(A))* 35 dB(A)	50 dB(A) 45 dB(A) 35 dB(A)
f) Kurgebiete, Krankenhäuser und Pflegeanstalten tags außerhalb der Ruhezeiten tags innerhalb der Ruhezeiten nachts	45 dB(A) (45 dB(A))* 35 dB(A)	45 dB(A) 45 dB(A) 35 dB(A)

\*) Die Tageszeit erstreckt sich in der Regel nach TA Lärm von 6 bis 22 Uhr.

Die 18. BImSchV [4] unterscheidet zwischen Tageszeit, außerhalb und innerhalb der Ruhezeit und der

Nachtzeit. An Sonn- und Feiertagen sind die Ruhezeiten unterschiedlich definiert:

Tab. 2.3.1.2: Beurteilungszeiten nach der 18. BImSchV [4]

Tag	Tagzeit	Ruhezeit	Nachtzeit
Werktag	6 bis 22 Uhr	6 bis 8 Uhr 20 bis 22 Uhr	22 bis 6 Uhr
Sonn- und Feiertage	7 bis 22 Uhr	7 bis 9 Uhr 13 bis 15 Uhr 20 bis 22 Uhr	22 bis 7 Uhr

wobei die Ruhezeiten an Sonn- und Feiertagen von 13 bis 15 Uhr nur zu berücksichtigen sind, wenn die Nutzung der Sportanlage an Sonn- und Feiertagen zwischen 9 und 20 Uhr 4 Stunden und mehr beträgt.

Die TA Lärm [5] kennt nur die Tag- und Nachtzeit; eine Differenzierung der Richtwerte nach Ruhezei-

ten und Feiertagen erfolgt nicht. Daher wurden die Werte in Tabelle 2.3.1.1 in Klammern gesetzt. Die TA Lärm [5] legt in den Ruhezeiten von 6 bis 7 Uhr und von 20 bis 22 Uhr sowie an Sonn- und Feiertagen am Tage zusätzlich für die Zeit von 13 bis 15 Uhr einen 6-dB-Zuschlag bei der Bildung des Beur-

teilungspiegels fest (siehe auch Abschnitt 3.1). Dies gilt nur für Gebiete nach Nr. 6.1, Buchstaben d bis f der TA Lärm.

### 2.3.2 Immissionsrichtwerte „Innen“

Bei Geräuschübertragung innerhalb von Gebäuden und bei Körperschallübertragung betragen die Richtwerte nach der 18. BImSchV [4] für Wohnräume unabhängig von der Lage des Gebäudes in einem der obengenannten Gebiete:

tags	35 dB(A)
nachts	25 dB(A)

### 2.3.3 Immissionsrichtwerte für Maximalpegel

Einzelne Geräuschspitzen sollen nach der 18. BImSchV [4] und TA Lärm [5] die Immissionsrichtwerte „Außen“ tags um nicht mehr als 30 dB(A) sowie nachts um nicht mehr als 20 dB(A) überschreiten. Ferner sollen einzelne Geräuschspitzen die Immissionsrichtwerte „Innen“ um nicht mehr als 10 dB(A) überschreiten.

### 2.3.4 Besonderheiten bei seltenen Störereignissen

Unter seltenen Störereignissen ist nicht das Auftreten von Maximalpegeln im Sinne von 2.3.3 zu verstehen, sondern Einzelveranstaltungen, die nach der Häufigkeit des Auftretens und der Art der Veranstaltung aus dem sonst üblichen Betrieb des Schießstandes herausfallen. Bei seltenen Ereignissen soll nach der TA Lärm [5] der Beurteilungspegel

am Tage	70 dB(A) und
nachts	55 dB(A)

nicht überschreiten. Nach der Sportanlagenlärm-schutzverordnung [4] sollen die Beurteilungspegel die nachfolgenden Werte nicht überschreiten:

tags außerhalb der Ruhezeit	70 dB(A)
tags innerhalb der Ruhezeit	65 dB(A)
nachts	55 dB(A)

Geräuschspitzen sollen die vorgenannten Werte tagsüber um nicht mehr als 20 dB(A) und nachts um nicht mehr als 10 dB(A) überschreiten, wobei bei Schießgeräuschen als Kriterium für die Geräuschspitze nur der mittlere  $L_{AFmax}$  nach VDI 3745 [8] des lautesten Waffentyps herangezogen werden kann, da die Varianz der einzelnen Spitzenpegel schon in der Größenordnung von 10 dB liegen kann. Die TA Lärm [5] beschränkt die Zahl der Tage und Nächte pro Jahr, an denen die Immissionsrichtwerte nach Tabelle 2.3.1.1 überschritten und die obigen Werte eingehalten sind, auf 10 Tage und Nächte mit der ergänzenden Bedingung, dass dies nicht an zwei aufeinander folgenden Wochenenden geschieht. Die 18. BImSchV [4] begrenzt die Zahl der Kalendertage auf höchstens 18 eines Jahres.

### 2.3.5 Immissionsgrenzwerte der Verkehrs-lärmschutzverordnung [9]

Die Immissionsgrenzwerte der 16. BImSchV [9], die bei der Bewertung des durch die Schießanlage ausgelösten Straßenverkehrslärms herangezogen werden, lauten:

Tab. 2.3.5.1: Grenzwerte der 16. BImSchV [9]

Gebiet	Tag	Nacht
1. Krankenhäuser, Schulen, Kurheime und Altenheime	57 dB(A)	47 dB(A)
2. Reine u. allgemeine Wohngebiete u. Kleinsiedlungsgebiete	59 dB(A)	49 dB(A)
3. Kerngebiete, Dorfgebiete und Mischgebiete	64 dB(A)	54 dB(A)
4. Gewerbegebiete	69 dB(A)	59 dB(A)

Die Tageszeit gilt von 6 bis 22 Uhr, die Nachtzeit von 22 bis 6 Uhr. Eine Differenzierung nach Tageszeiten, Ruhezeiten und Feiertagen besteht nicht.

### 2.3.6 Immissionsorte

Die Messorte sind für genehmigungsbedürftige Anlagen nach der TA Lärm Nr. 2.3 [5] und für genehmigungsfreie Anlagen nach der 18. BImSchV Anhang 1.2 [4] zu wählen. Bei bestehender Bebauung ist der Ort zu wählen, an dem eine Überschreitung der Richtwerte am ehesten zu erwarten ist. Das Mikrophon ist 50 cm außerhalb und in der Mitte des geöffneten Fensters des schutzbedürftigen Raumes nach DIN 4109 [6] (siehe TA Lärm A.1.3) zu

platzieren. Bei unbebautem Gelände ist entsprechend zu verfahren, d.h. es ist an dem am stärksten betroffenen Rand zu messen, an dem ein Gebäude errichtet werden darf. Zulässig sind auch geeignete Ersatzmessorte, die frei von Reflexionen sind (siehe DIN 45645-1, Abschnitt 6.1 [25]), die sich durch Flächen, die vom Schießstand aus gesehen hinter dem Mikrophon liegen, ergeben.

## 3 Beurteilungspegel für Schießgeräusche

Der maßgebliche Wert des Beurteilungspegels ist der Mittelwert, der aus Messwerten für die Schieß-

geräusche und Zuschlägen zu bildende mittlere Beurteilungspegel. Dieser Wert ist mit den Immissionsrichtwerten zu vergleichen.

Die Messgröße ist der in der Zeitbewertung „schnell“ mit der Frequenzbewertung „A“ gemessene Maximalpegel  $L_{AFmax}$ . Die Definition der Zeit- und Frequenzbewertung ist im Anhang A1 näher erläutert.

### 3.1 Genehmigungspflichtige Anlagen

Die VDI 3745 [8] definiert einen mittleren Einzelschusspegel  $\bar{L}_{m,k}$  für Schüsse eines Typs  $k$  als Mittelungspegel über die einzelnen Schüsse  $i$ , der wie folgt gebildet wird:

Gl.(3.1.1)

$$\bar{L}_{m,k} = 10 \log \frac{1}{n_k} \cdot \sum_{i=1}^{n_k} 10^{0,1 \cdot L_{AFmax,i,k}}$$

wobei  $n_k$  die Anzahl der gemessenen Einzelschusspegel  $L_{AFmax,i,k}$  vom Typ  $k$  ist. Die Einzelwerte  $L_{AFmax,i,k}$  sind nicht geeignet, um das Maximalpegelkriterium (siehe 2.3.3) zu überprüfen, da die Einzelwerte zufälligen statischen Varianzen unterliegen. Sehr wohl geeignet sind die mittleren Einzelschusspegel  $\bar{L}_{m,k}$ . Der höchste mittlere Einzel-

schusspegel  $\bar{L}_{m,k,max}$  ist derjenige, der mit den in Abschnitt 2.3.3 und 2.3.4 genannten Richtwerten für Geräuschspitzen zu vergleichen ist.

Der Mittelungspegel für den Tag und die Nacht  $L_m$  ergibt sich nach VDI 3745 [8] aus:

Gl.(3.1.2)

$$L_m = 10 \log \left( \frac{\tau}{T_r} \sum_{j=1}^2 \sum_{k=1}^m n_{j,k} \cdot 10^{0,1(\bar{L}_{m,k} + K_{r,j})} \right) + K$$

wobei  $T_r$  die Beurteilungszeit in s,  $\tau$  die Integrationszeit von 0.125 s und  $K$  der Impulszuschlag von 16 dB ist. Die Bezugszeit beträgt tagsüber 16 Stunden und nachts eine Stunde.  $n_{j,k}$  ist die Anzahl der Schüsse vom Typ  $k$  für die Teilbeurteilungszeit  $j$ .  $K_{r,j}$  ist der Ruhezeitenzuschlag für die Teilzeit  $j$ . Während der Tageszeit wird zwischen Zeiten erhöhter Empfindlichkeit und solchen, in denen dies nicht gegeben ist, unterschieden; nachts ist von dem Pegel der lautesten vollen Nachtstunde auszugehen. Die Zeiten erhöhter Empfindlichkeit für Gebiete nach Nr. 6.1, Buchstaben d bis f der TA Lärm werden mit einem Zuschlag  $K_{r,j} = 6$  berücksichtigt. Dies ist in der folgenden Tabelle zusammengestellt.

Tab. 3.1.1: Ruhezeitzuschlag in Abhängigkeit von der Tageszeit

Zeit	$K_{r,j}$	J	Tag
06 – 07 Uhr	6	1	W
06 – 09 Uhr	6	1	F
07 – 20 Uhr	0	2	W
13 – 15 Uhr	6	2	F
20 – 22 Uhr	6	3	W, F
22 – 06 Uhr	0	4	W, F

F: Sonn- und Feiertage, W: Werktag nach TA Lärm [5]

Die Zuschläge gelten nur für Gebiete d) bis f) nach Tabelle 2.3.1.1.

Wird nachts mehr als eine Stunde geschossen, ist für jede volle Stunde, in der geschossen wird, der Stundenwirkpegel einzeln zu bilden und der höchste Wert zur Beurteilung, d.h. zum Vergleich mit dem Richtwert heranzuziehen. Die Ruhezeiten sind in der VDI 3745 [8] anders geregelt als in der TA Lärm [5]. Die TA Lärm hat Vorrang.

Gl.(3.1.2) kann für die verschiedenen Beurteilungszeiten auf die Form wie in VDI 3745 [8] gebracht werden. Die Koeffizienten aus Tabelle 3.1.1 sind direkt eingesetzt:

Werktags und an Sonn- und Feiertagen tagsüber

$$L_{mr} = 10 \log \frac{1}{T_r} \left( \sum_{k=1}^m n_{1,k} \cdot \tau \cdot 10^{0,1 \bar{L}_{m,k}} + \sum_{k=1}^m n_{2,k} \cdot 10^{0,1 \bar{L}_{m,k}} \right)$$

mit  $T_r = 16$  h

und nachts

Gl. (3.1.2.2)

$$L_{mr} = 10 \log \frac{1}{T_r} \left( \sum_{k=1}^m n_{4,k} \cdot \tau \cdot 10^{0,1 \bar{L}_{m,k}} \right)$$

mit  $T_r = 8$  h,

wobei  $n_{j,k}$  die Anzahl der Schüsse vom Typ  $k$  in der jeweiligen Teilzeit ist, d.h.  $n_1$  tagsüber werktags,  $n_2$  tagsüber Ruhezeit,  $n_4$  nachts in der lautesten Stunde. Der Faktor 4 rechts in Gl.(3.1.2.1) ergibt sich aus  $4 = 10^{0,1 \cdot K_{r,j}}$  mit  $K_{r,j} = 6$ .

Gegebenenfalls sind bei der Bildung des Wirkpegels für die Gesamtanlage noch die Geräusche durch Anfahrten, Parken etc. energetisch zu addie-

ren. Der maßgebliche Beurteilungspegel  $L_r$  nach TA Lärm [5] ergibt sich aus dem unter Mitwindbedingungen gemessenen oder berechneten Mittelungspegel  $L_{mr}$  durch Abzug des Umrechnungsfaktors  $C_{MET}$  nach ISO 9613-2 [26] von Mitwind- auf Langzeitmittelungspegel.

$$L_r = L_{mr} - C_{MET},$$

wobei  $C_{MET}$  nach ISO 9713-2 [26] wie folgt definiert ist

$$C_{MET} = C_0 (1 - d_s)$$

mit  $d_s = 10 (h_q + h_a)$

$$\text{für } d > d_s \text{ für } d \leq d_s \text{ ist } C_{MET} = 0$$

Nach Kühner [27] ist tagsüber davon auszugehen, dass  $C_0$  ca. 3.5 dB beträgt. Genauere Prognosen können angestellt werden, wenn die lokale Ausbreitungsklassenstatistik des Deutschen Wetterdienstes zur Verfügung steht. Nachts ist eher, wie sich aus [26, 27] ergibt, mit  $C_0 = 1.8$  dB und  $d_s = 30$  ( $h_q + h_a$ ) zu rechnen.

Werden die Beurteilungspegel durch Messungen bestimmt, ist der maßgebliche Wert des Beurteilungspegels um 3 dB zu mindern und dann mit dem Richtwert zu vergleichen. Bei Prognosen ist der Abzug unzulässig. Das Maximalkriterium ist mit dem höchsten  $L_{AFmax,h}$  entsprechend zu prüfen.

### 3.2 Nicht genehmigungsbedürftige Anlagen

Der Impulszuschlag bei Schießgeräuschen wird in diesem Fall für jede Teilzeit berechnet. Bei mehr als einem Schuss pro Minute in der Teilzeit  $i$  ist der Zuschlag  $K_i$  durch

$$\text{Gl. (3.2.1) } K_i = L_{AFT5m,i} - L_{eq,i}$$

definiert, wobei  $L_{AFT5m}$  der nach dem 5-s-Takt-maximalpegelverfahren berechnete Mittelungspegel und  $L_{eq,i}$  der Mittelungspegel über die Teilzeit  $i$  ist (siehe Anhang A 1). Diese Definition stimmt formal mit der Gl. (3.1.2) überein.

Bei weniger als einem Schuss pro Minute in der Teilzeit  $T_i$  wird der Impulszuschlag durch

Gl. (3.2.2)

$$K_i = 10 \log \left( 1 + \frac{n}{12} \cdot 10^{0.1(L_{AFmax,j} - L_{eq,j})} \right)$$

bestimmt, wobei  $\overline{L_{AFmax,j}}$  der Mittelungspegel der jeweiligen  $L_{AFmax,j,i}$  aller Schießereignisse in der Teilzeit  $T_i$  ist:

Gl. (3.2.3)

$$\overline{L_{AFmax,j}} = 10 \log \left( \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n 10^{L_{AFmax,j,i}} \right)$$

Diese Definition weicht von der in der Gl. (3.1.1) ab.

Der Wirkpegel ergibt sich aus

Gl. (3.2.4)

$$L_{r,m} = 10 \log \frac{1}{T_r} \sum_{i=1}^k (T_i \cdot 10^{0.1(L_{eq,i} + K_i + K_d)})$$

wobei  $T_r$  die folgenden Werte annehmen kann:

Außerhalb der Ruhezeiten am Tage an Werktagen  
 $T_r = 12$  h

außerhalb der Ruhezeiten am Tage an Sonn- und Feiertagen  
 $T_r = 9$  h

innerhalb der Ruhezeiten an Werk- oder Feiertagen einzeln  
 $T_r = 2$  h

bzw. an Feiertagen bei einer Nutzungsdauer unter 4 Stunden  
 $T_r = 4$  h

(siehe Abschn. 2.3.1 letzter Absatz)

Nachtzeit (Werktag von 22 bis 6 Uhr, an Feiertagen bis 7 Uhr)  
 $T_r = 1$  h

Bei der Nachtzeit ist für jede volle Stunde der Beurteilungspegel zu bilden und der höchste Wert ist der Beurteilungspegel, der zum Vergleich mit dem Richtwert heranzuziehen ist.

$K_{\xi,i}$  ist für Anlagen, die nach dem 18.06.1991 genehmigt wurden, immer gleich Null. Für Anlagen, die vor diesem Datum betrieben wurden, ist für Teilzeiten, in denen mehr als einmal pro Minute geschossen wird,

$$K_{\xi,i} = -3 \text{ dB}$$

gesetzt.

#### Hinweis:

*Der entscheidende Unterschied in der Bewertung nach 18. BImSchV [4] und TA Lärm [5] sind die unterschiedlichen Beurteilungszeiten insbesondere an Sonn- und Feiertagen und der Unterschied in der Anzahl der Tage mit seltenen Ereignissen. Doppelschüsse, d.h. Schüsse in einem zeitlichen Abstand von weniger als 5 s, werden nach der 18. BImSchV [4], wenn die Schusszahlfolgen über 60 pro Stunde liegen, nur wie ein Schuss gewertet.*

Werden die Beurteilungspegel durch Messungen ermittelt, sind nach dem Anhang der Sportanlagenlärmschutzverordnung [4] bei der Bildung des Beurteilungspegels wie nach TA Lärm [5] 3 dB vom Beurteilungspegel abzuziehen und dann mit dem Richtwert zu vergleichen. Wird hingegen ausschließlich eine Prognose ohne Messungen durchgeführt, ist ein Abzug nicht zulässig. Das Maximalkriterium ist mit dem höchsten  $L_{AFmax,k}$  zu prüfen.



### 4 Schalleistungspegel

Die Ausgangsgröße für Ausbreitungsrechnungen nach ISO 9613-2 [26] ist der Schalleistungspegel der Quelle. Formal kann der Schalleistungspegel für den Mündungsknall durch den mittleren, in einem Meter Abstand gemessenen  $\overline{L_{AF\max}}$  bestimmt werden:

$$L_w = \overline{L_{AF\max}} + 10 \log 4\pi = \overline{L_{AF\max}} + 11$$

Dies entspricht der mittleren, in der lautesten Phase über 125 ms durch den Schuss erzeugten Schallenergie. In der Regel wird in größeren Abständen gemessen und umgerechnet. Neben dem Mündungsknall ist noch der vom Geschoss bei Überschallgeschwindigkeit erzeugte Überschallknall, der als Geschossknall bezeichnet wird, zu berücksichtigen.

Der Mündungsknall entsteht, wenn das Geschoss den Lauf verlässt und das heiße Treibgas mit einem Druck von etwa 500 bar sich mit Überschallgeschwindigkeit an der Mündung ausbreitet. Der Mündungsknall hängt im wesentlichen von den Mündungsgasdrücken der Treibladung und der Energie des Geschosses ab, mit der es den Lauf verlässt, d.h. der Schalleistungspegel des Mündungsknalls wird durch die Waffe (im wesentlichen

die Lauflänge) und die Art und Menge des Treibladungsguts in der Munition bestimmt. Das bedeutet, dass sich bei unterschiedlichen Handfeuerwaffen bei gleicher Munition oder bei gleichen Waffen mit unterschiedlicher Munition unterschiedliche Schalleistungspegel ergeben können.

#### 4.1 Mündungsknall

Bei Handfeuerwaffen wird zwischen Kurzwaffen (Gesamtlänge bis 60 cm), sowie Langwaffen (Gesamtlänge über 60 cm) unterschieden. Langwaffen für Einzelgeschosse werden als Büchsen und solche für Schrot als Flinten bezeichnet.

In Abbildung 4.1.1 sind gemessene Schalleistungspegel des Mündungsknalls von Kurzwaffen und Büchsen der Geschossenergie gegenübergestellt, die aus Messungen im Nahbereich unterschiedlicher Schießstände bestimmt wurden. Die Einflüsse des jeweiligen Schießstandes sind durch Modellberechnungen, bei denen der Mündungsknall 0,5 m vor der Überdachung angenommen wurde, so korrigiert, dass sie Freifeldbedingungen entsprechen.

Bei Schrotpatronen liegen die Pegel im Bereich um 140 dB(A), die Subsonicmunition bei einem Schalleistungspegel von ca. 135 dB(A). Eine weitere Differenzierung ist derzeit auf der Basis der verfügbaren Messungen nicht möglich.

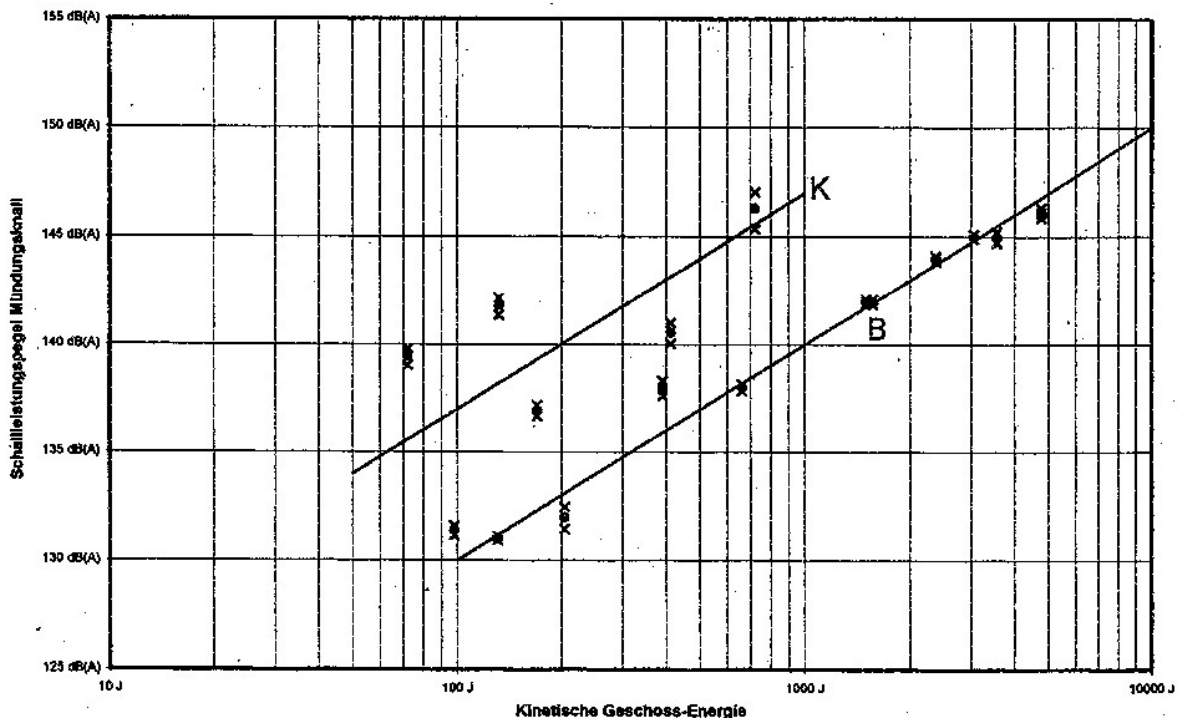


Abb. 4.1.1: Schalleistungspegel über Geschossenergie für Büchsen (B) und Kurzwaffen (K). steht für den mittleren gemessenen Wert, der  $L_{\sigma}$ - und  $L_{\sigma}$ -Wert für die Abweichung vom Mittelwert  $L_w$ .

In [11] wird der Zusammenhang zwischen Geschossenergie  $E$ , Lauflänge  $l$  und Schalleis-

tungspegel  $L_w$  wie folgt angegeben:

Gl.(4.1.1)

$$L_w = a + 10 \cdot \log \frac{E}{E_0} + 10 \log \frac{l_0}{l} \quad E_0 = 1 \text{ Joule}$$

$$l_0 = 1 \text{ m}$$

wobei  $a$  ein Koeffizient ist, der aus Messungen für die unterschiedlichen Systeme Waffe und Munition bestimmt werden kann. Die in Abbildung 4.1.1 dargestellten, durchgezogenen Linien sind mit den in Tabelle 4.1.1 angegebenen Werten für  $a$  und einer Lauflänge  $l = 0.65 \text{ m}$  für Langwaffen bzw.  $l = 0.15 \text{ m}$  für Kurzwaffen berechnet worden:

Tab. 4.1.1: Koeffizient  $a$  für Büchsen und Kurzwaffen

Typ	A
Büchse	108.1 dB(A)
Kurzwaffe	106.8 dB(A)

Sie stimmen mit den von Kurtze gefundenen Werten für Kurzwaffen und Büchsen [11] überein und können damit als gut abgesichert angesehen werden. Einige Kurzwaffen haben eine Lauflänge von 8 cm oder weniger gegenüber der Mehrzahl mit einer Lauflänge von 12 bis 15 cm. Die durchschnittliche Lauflänge lag bei den Büchsen bei 65 cm. Bei Prognosen wird empfohlen, bei Büchsen von einer Lauflänge von 65 cm und bei Kurzwaffen von 8 cm auszugehen. Damit vereinfacht sich die Gl.(4.1.1) für Langwaffen auf

$$\text{Gl.(4.1.2)} \quad L_w = 110.0 + 10 \log E/E_0 \text{ dB}$$

und bei Kurzwaffen auf

$$\text{Gl.(4.1.3)} \quad L_w = 117.8 + 10 \log E/E_0 \text{ dB}$$

Die gemessenen Mündungsknalle von Vorderladern sind in Abbildung 4.1.1 enthalten. Sie passen sich in dasselbe Schema ein und müssen nicht getrennt betrachtet werden.

Im Anhang A 2 sind für eine größere Anzahl gemessener Systeme ebenfalls in aufsteigender Reihenfolge die Schalleistungspegel tabelliert und klassiert angegeben. Um den gesamten Bereich von Luftdruckgewehren bis zum Infanteriegewehr abdecken zu können, sind 12 Schalleistungsklassen mit einer Klassenbreite von 5 dB erforderlich. Bei Prognosen kann auf diese Tabelle zurückgegriffen werden, in dem, ausgehend von den Wafentypen, der geschossenen Munition bzw. der Geschossenergie, die unterschiedlichen Typen und Munitionsarten den entsprechenden Pegelklassen zugeordnet werden.

Damit können Waffe und Munition bezüglich der Schalleistungspegel des Mündungsknalls auch für nicht gemessene Systeme aus Waffe und Munition angegeben werden. Andererseits kann die Nutzung

eines Schießstandes durch die Anzahl der täglichen Schüsse in den jeweiligen Klassen beschrieben werden (siehe Abschnitt 6.1).

## 4.2 Geschossknall

Der Schalleistungspegel des Geschossknalls hängt im wesentlichen von der Geschossgeschwindigkeit und dem Querschnitt des Geschosses sowie der Länge der Flugbahn ab. Bei Geschossgeschwindigkeiten unter der Schallgeschwindigkeit tritt der Geschossknall nicht auf. Der Geschossknall kann durch eine Linienschallquelle beschrieben werden, deren Länge mit der Länge der Geschossbahn übereinstimmt. Der am Immissionsort berechnete Pegel des Geschossknalls und der des Mündungsknalls können energetisch addiert werden, weil quer zur Geschossbahn in der Regel der zeitliche Versatz von Geschoss- und Mündungsknall so gering ist, dass beide Geräusche den  $L_{AFmax}$  in der Summe bestimmen. Bei freier Schallausbreitung ist der Geschossknall nach vorne gerichtet. Andererseits wird bei Schüssen in einem Schießstand davon ausgegangen, dass aufgrund von Reflexionen die Abstrahlung des Geschossknalls ungerichtet erfolgt.

Der Geschossknall ist als wesentliche Schallquelle gegenüber dem Mündungsknall zu berücksichtigen, wenn das Geschoss mit mehr als Schallgeschwindigkeit fliegt. Der Geschossknall kann nach den vorliegenden Messungen durch einen auf die Geschossbahn verteilten Schalleistungspegel  $L_w$  beschrieben werden:

Gl.(4.2.1)

$$L_w = 95.8 + 60 \log \frac{v}{v_0} + 10 \log \frac{l}{l_0} \text{ dB mit } v_0 = 340 \text{ m/s,}$$

$$l_0 = 1 \text{ m}$$

wobei  $v$  die mittlere Geschwindigkeit über die betrachtete Bahn der Länge  $l$  und  $v_0$  die Schallgeschwindigkeit ist. Der Ansatz entspricht näherungsweise dem Prognosemodell, das in der Schweiz angewendet wird [12], und kann bei den in Deutschland üblichen, seitlich stets mit Wänden oder Wällen versehenen Schießständen verwendet werden.

Im Bereich der Schallgeschwindigkeit des Geschosses ist der Geschossknall gegenüber dem Mündungsknall vernachlässigbar. Bei Schroten liegen die Mündungsgeschwindigkeiten zwischen 360 m/s und 420 m/s, bei der lärmärmeren Subsonic-Munition unter der Schallgeschwindigkeit von 340 m/s. Der bei Überschallgeschwindigkeiten entstehende Projektilknall ist vom Mündungsknall mit den üblichen Messtechniken nicht zu unterscheiden und wird daher dem Mündungsknall zugeordnet. Bei der Subsonic-Munition tritt der Überschallknall nicht auf.

Der Geschossknall ist bei teilabgedeckten Schießständen des Typs 3 wichtig, da der Mündungsknall durch die Teildeckung reduziert ist (siehe Abschnitt 4.3.3).

#### 4.3 Anlagentyp, Richtwirkung und Reflexionskorrekturfaktor $R_C$

Der in Abschnitt 4.1 definierte Schalleistungspegel des Mündungsknalls im Freifeld kann nicht direkt zur Ausbreitungsrechnung herangezogen werden, da in einem Schießstand am Boden, an der Decke der Überdachung und insbesondere seitlich Reflexionen auftreten, die vom Stand abhängen und von der Richtcharakteristik der Waffe. Langwaffen besitzen eine ausgeprägtere Richtcharakteristik als Kurzwaffen. Bei Langwaffen beträgt die Differenz in Schussrichtung und gegen die Schussrichtung mehr als 10 dB.

Mit dem Reflexionsfaktor  $R_C$ , der vom Stand- und Waffentyp abhängt, soll eine Umrechnung des Freifeldschalleistungspegels  $L_w$  auf einen Schalleistungspegel im Schießstand  $L_{w,s}$  ermöglicht werden:

$$\text{Gl.(4.3.1)} \quad L_{w,s} = L_w + R_{C,s}$$

wobei  $s$  den Waffentyp Lang- oder Kurzwaffe bezeichnet. Näherungsweise hängt  $R_{C,s}$  nicht vom Waffentyp ab, sondern vom Schießstandtyp.

Definitionsgemäß ist  $L_{w,s}$  der Schalleistungspegel des Mündungsknalls im Stand, dessen Quellenposition sich 0.5 m vor der Überdachung des Schießstandes in 1 m Höhe (Typ 2 und 3) befindet. Bei den Typen 1 und 4 wird die Quellenposition an der Waffenmündung angesetzt.

##### 4.3.1 Offener Stand

Im Zusammenhang mit dem sportlichen Schießen werden solche Stände nur für Trap und Skeet genutzt. Beim Trap-Schießen schwenkt der Schütze die Waffe um ca.  $\pm 45^\circ$  um die Achse des Standes. Beim Skeet-Schießen erfolgt eine Drehung bis  $\pm 60^\circ$  inclusive einer Drehung der Waffe bis ca.  $30^\circ$  nach oben. Da bei der Prognose davon auszugehen ist, dass alle schießtechnisch zulässigen Richtungen etwa gleich häufig auftreten, ist im Mittel über alle

Schüsse die Richtcharakteristik reduziert und kann mit dem folgenden Richtwirkungsmaß (siehe Abschnitt A.3)

$$\text{Gl.(4.3.1.1)} \quad D_c = 7 \cdot \cos(\varphi) \quad \text{dB}$$

annähernd bestimmt werden, wobei  $\varphi$  den Winkel zwischen der Achse des Schießstandes und dem Aufpunkt bezeichnet.

##### 4.3.2 Offener Schießstand mit Umschließung des Schützenstandes

Um die Pegelerhöhungen durch Reflexionen im Schießstand zu beschreiben, ist eine Korrektur erforderlich, die für Langwaffen und Kurzwaffen mit  $R_{C,L} = 2$  angesetzt wird. Der Mündungsknall wird als Punktquelle 0.5 m außerhalb der Überdachung in 1 m Höhe angesetzt, die vor der ersten Hochblende liegt. Bei länger vorgezogenen Überdachungen mit Absorption siehe auch Abschnitt 4.3.3.

##### 4.3.3 Teilgedeckter Schießstand

Ein teilgedeckter Schießstand hat nur dann eine pegelmindernde Wirkung, wenn die Innenseite absorbierend ausgeführt ist. Die Pegelminderung kann dadurch charakterisiert werden, dass sich der Raumwinkel der freien Abstrahlung mit zunehmender Länge  $L$  der Überdeckung reduziert. Dabei ist die Reflexion am Boden mitberücksichtigt. Damit erhält man die folgende Minderung des Schalleistungspegels:

Gl.(4.3.3.1)

$$R_{C,L} = 2 - 10 \log \left( \frac{\pi}{2} / \arctan \left( \frac{3h}{2 \cdot l} \right) \right) \leq 2 \text{ dB}$$

wobei  $h$  die Deckenhöhe der Überdeckung und  $l$  die Länge der Überdeckung ist, die mindestens 2 m betragen sollte. Damit sind Pegelminderungen bis ca. 12 dB erreichbar. Voraussetzung ist, dass der mittlere Absorptionsgrad  $\alpha$  der Deckenkonstruktion mehr als 0.9 beträgt. In Abb. 4.3.3.1 ist  $R_{C,L}$  als Funktion von  $l$  und  $h$  dargestellt (untere Kurve). Sind Seitenwand, Rückwand etc. voll absorbierend ( $\alpha > 0.95$ ) ausgeführt, gelten die Kurven mit +3 dB.

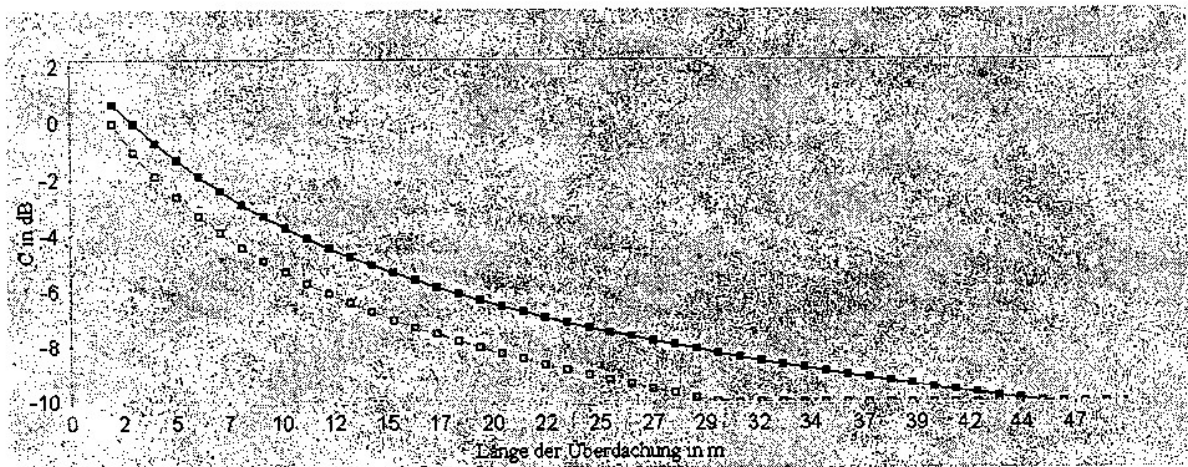


Abb. 4.3.3.1: Reduzierung des abgestrahlten Schalleistungspegels in Abhängigkeit von der Länge der Überdeckung  $l$ , gemessen von der Position der Mündung. Schießstandhöhen  $h$  2 m (obere Kurve) und 3 m (untere Kurve).

#### 4.3.4 Geschlossener Schießstand

Auch für geschlossene Schießstände können die nach Gl.(4.1.1) geschätzten Schalleistungspegel herangezogen werden. Der Reflexionsfaktor  $R_C$  wird durch die Reflexionen an den Raumwänden bestimmt. Ist das Raumvolumen größer  $16.000 \text{ m}^3$ , ist das Auftreffen der ersten Reflexion auf einer Wand soweit verzögert, dass diese Reflexion keinen relevanten Beitrag zum  $L_{AFmax}$  des Direktschalls liefern kann; eine Korrektur ist nicht erforderlich:

$$R_C = 0 \text{ dB.}$$

Für kleinere Räume ist nach den Ansätzen der geometrischen Raumakustik [13] nach folgender Näherungsformel eine Korrektur durchzuführen:

$$\text{Gl.(4.3.4.1)}$$

$$R_C = +10 \log \left( \frac{16000(1-\bar{\alpha})}{V} \right) \text{ dB}$$

Der Quotient  $16000/V$  gibt die Anzahl der zum Direktschall noch beitragenden Reflexionen an, die durch den mittleren Absorptionsgrad  $\bar{\alpha}$  weiter reduziert werden. Für einen Schießstand mit  $\bar{\alpha} = 0.2$  und einem Volumen von  $500 \text{ m}^3$  ergibt sich eine Korrektur von

$$R_C = 14 \text{ dB.}$$

Ist der Raum schallhart ( $\alpha \approx 0$ ), dann ergibt sich eine Korrektur von

$$R_C = 15 \text{ dB.}$$

Kurz- und Langwaffen müssen auch hier nicht unterschieden werden.

Der nach außen abgestrahlte Schalleistungspegel ergibt sich aus

$$\text{Gl.(4.3.4.2)} \quad L_{w,a} = L_{w,i} - R'_w,$$

wobei  $R'_w$  das mittlere, bewertete Bauschalldämmmaß des Gebäudes ist.

## 5 Schallimmissionen

### 5.1 Messort, Messhäufigkeit

Die Messung der Schallimmission in der Nachbarschaft soll bei genehmigungsbedürftigen Anlagen nach VDI 3745 Bl. 1 [8] erfolgen. Diese Richtlinie beschreibt Methoden des gesteuerten und des ungesteuerten Messens. Beim gesteuerten Messen werden für jeden Waffen- und Munitionstyp mindestens 10 Schüsse gemessen und diese Messwerte, wie im Abschnitt 3.1 dargelegt, ausgewertet und entsprechend den Nutzungshäufigkeiten die Beurteilungspegel berechnet. Der daraus gewonnene, gemittelte Pegel beschreibt den der Nutzung entsprechenden Beurteilungspegel. Beim ungesteuerten Messen erfolgt die Messung entsprechend; eine Unterscheidung nach Waffen etc. erfolgt nicht. Die Auswertung erfolgt entsprechend Abschnitt 3.1 für einen Typ. Der so gewonnene Beurteilungspegel beschreibt die vorgefundene Situation. In gleicher Weise kann bei genehmigungsfreien Anlagen verfahren werden. Die Auswertung erfolgt nach der Sportanlagenlärmschutzverordnung [4] (siehe Abschnitt 3.2).

Sowohl die VDI 3745 [8] als auch die Sportanlagenlärmschutzverordnung [4] sehen vor, dass die Messungen bei Mitwind und wiederholt, d.h. in der Regel mindestens dreimal an unterschiedlichen Tagen durchzuführen sind. Diese Anforderung ist auch mit der TA Lärm [5] konform. Da Schießpegel bodennah abgestrahlt werden, sind die Witterungs-



Einflüsse auf die Schallausbreitung ganz erheblich, so dass ab Entfernungen von mehr als 200 m (siehe VDI 3745 [8], [14]) der Einfluss der Windrichtung mehr als 3 dB betragen kann. In der Praxis erweist sich die Einhaltung der Mitwindbedingung (Wind vom Stand zum Immissionsort unter  $\pm 45^\circ$ ) häufig als sehr schwierig und aufwendig.

Bedingt durch die Geometrie der Schießstände vom Typ 2 und 3 ist von einer starken Abhängigkeit der Schallabstrahlung von der Ausbreitungsrichtung, bedingt durch interne Abschirmungen und Reflexionen, auszugehen. Dies kann bei der Wahl von Ersatzmessorten zu erheblichen Abweichungen führen, wenn die Messorte für den Immissionsort nicht repräsentativ sind.

Die Schwierigkeiten mit der Mitwindsituation können durch den Einsatz automatisch arbeitender Messanlagen, die über mehrere Wochen messen, überwunden werden. Die Messanlage muss Schüsse sicher identifizieren und gleichzeitig die meteorologische Situation nach Windrichtung, Bewölkungsgrad und Windgeschwindigkeit erfassen und Fremdgeräusche ausblenden können.

Bei Abnahmemessungen sollte in jedem Fall an den in der Genehmigung genannten Immissionsorten gemessen werden, zumindest aber in gleicher Entfernung vom Stand und in der Nähe der vorgegebenen Immissionsorte, um eine realistische Beurteilung zu ermöglichen. Entsprechend ist bei Beschwerden zu verfahren. Die Wirkung meteorologisch bedingter Schwankungen der Ausbreitungsbedingungen sind nach TA Lärm [5] gemäß DIN 45645-1 zu berücksichtigen, die wieder auf die VDI 3723 Bl. 1 [15] verweist. Dies geschieht durch Mittelung über unterschiedliche Mitwindsituationen. Mögliche Abweichungen bzw. die Zahl der erforderlichen Einzelmessungen können nach VDI 3723 [15] unter der Annahme einer Varianz von mindestens 3 dB geschätzt werden (siehe auch DIN 45645, Abschnitt 7.2).

Alternativ zu Messungen bei Mitwind am Immissionsort bietet sich an, die Schallemission einer Anlage mit bekannten Waffen- und Munitionssystemen messtechnisch im Nahbereich der Anlage zu erfassen und die Schallemission entsprechend der Häufigkeit der benutzten Waffen und Munitionen zu berechnen. Davon ausgehend kann die Schallimmission über eine Ausbreitungsrechnung bestimmt werden. Die Emissionsmessungen sollten für die jeweilige Ausbreitungsrichtung durchgeführt werden.

## 5.2 Schallimmissionsprognose mit Hindernissen

Nach TA Lärm [5] ist die Schallausbreitungsrechnung nach ISO 9613-2 [26] durchzuführen. Dies bezieht sich auf stationäre oder quasi stationäre Geräusche. Daher ist es nicht möglich, mit diesen Richtlinien die Pegelhöhe von einzelnen Schüssen am Immissionsort zu prognostizieren, sondern lediglich den mittleren Maximalpegel über eine größere Anzahl von Schüssen. Ausgangsgröße ist der Schalleistungspegel  $L_w$ .

Nach den vorliegenden Erfahrungen [27] kann die Ausbreitungsrechnung nach den genannten Regelwerken durchgeführt werden, wobei die Umgebung des Schützen als hart angenommen und die Bodenreflexion gemäß ISO 9613-2 [26] berücksichtigt wird.

Das Ausbreitungsmodell ist auf Mitwind und Inversionswetterlagen abgestimmt. Dennoch ist nicht auszuschließen, dass während einzelner Stunden, insbesondere nachts, auch höhere Immissionspegel beobachtet werden, als die berechneten.

Der Schalldruckpegel  $L_{AT}$  an einem Immissionsort im Abstand  $S_m$  vom Mittelpunkt einer Einzelschallquelle wird für die mittlere Mitwindwetterlage nach folgender Gleichung berechnet:

$$Gl.(5.2.1) \\ L_{AT} = L_w + D_c + D_\Omega - A_{div} - A_{tm} - A_{gr} - A_{bew} - A_{bar}$$

Die einzelnen Glieder aus obiger Gleichung haben die folgende Bedeutung und sind frequenzabhängig:

- $L_{AT}$  : Mitwindpegel
- $L_w$  : Schalleistungspegel
- $D_c$  : Richtwirkungsmaß (4.3.1 und A.3.1)
- $D_\Omega$  : Raumwinkelmaß (A.3.1)
- $A_{div}$  : Abstandsmaß (A.3.2)
- $A_{tm}$  : Luftabsorptionsmaß (A.3.3)
- $A_{gr}$  : Boden- und Meteorologiedämpfungsmaß (A.3.4)
- $A_{bew}$  : Bewuchsdämpfungsmaß (A.3.5)
- $A_{bar}$  : Einfügungsdämpfungsmaß eines Schallschirms (A.3.6)

Nach dem Ansatz in Abschnitt 4 kann bei der Ausbreitungsrechnung, ausgehend von der Modellposition des Mündungsknalls und der Linienquelle Geschossknall, die abschirmende Wirkung der

Blenden und Seitenwände und deren Reflexionen anhand der im Anhang A.3 angegebenen Verfahren berechnet werden, wenn die spektrale Struktur bekannt ist.

### 5.3 Bildung des maßgeblichen Beurteilungspegels

Aus dem berechneten Mitwindmittelungspegel erhält man den maßgeblichen Wert des Beurteilungspegels  $L_{M,r}$

$$L_{M,r} = L_{AT} - C_{MET}$$

wobei  $C_{MET} = 0$  ist für  $d < 10 (h_q + h_a)$  und

$$C_{MET} = C_o \left( 1 - \frac{10(h_q - h_a)}{d} \right) \quad \text{für } d > 10 (h_q + h_a)$$

wobei  $h_q$  die Quellenhöhe,  $h_a$  die Aufpunkthöhe und  $d$  der Abstand ist.

Für Schießstände, die tagsüber zwischen 9 und 18 Uhr betrieben werden, kann  $C_o$  mit 3 dB angenommen

werden; zur Nachtzeit ist  $C_o = 1.8$  dB. Mit der lokalen Wetterstatistik kann  $C_o$  näher bestimmt werden [27].

### 5.4 Spektrale Struktur der Schallemission

Die Frequenzzusammensetzung von Schießgeräuschen ist für einige typische Beispiele in den Abbildungen 5.4.1 bis 5.4.4 dargestellt. Relevante Beiträge zum Gesamtpegel liegen im Frequenzbereich von 400 bis 3000 Hz, wobei die großkalibrigen Sportwaffen zum Gesamtpegel naturgemäß relativ höhere tieffrequente Anteile aufweisen. Die Spektren wurden aus Messungen im offenen Gelände gewonnen [11].

Aus der Frequenzverteilung von Schießgeräuschen aus Jagd- und Sportwaffen leitet sich ab, dass frequenzabhängige Abschirmung, Dämmung und Luftabsorption bezüglich des Gesamtpegels anhand der Abschirmung, Dämmung und Luftabsorption bei 500 Hz abgeschätzt werden können. Das Schalldämmmaß von vielen Bauteilen entspricht bei 500 Hz dem bewerteten Bauschalldämmmaß  $R'_w$ .

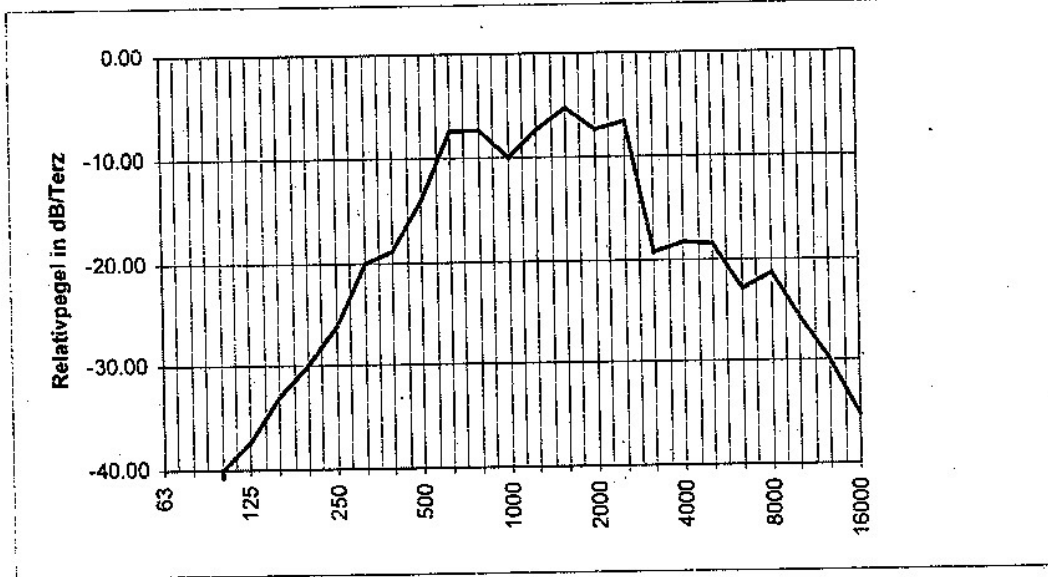


Abb. 5.4.1: Relativpegel dB/terz-Büchse Kaliber .22 l.r. nach [1] für Mündungsknall

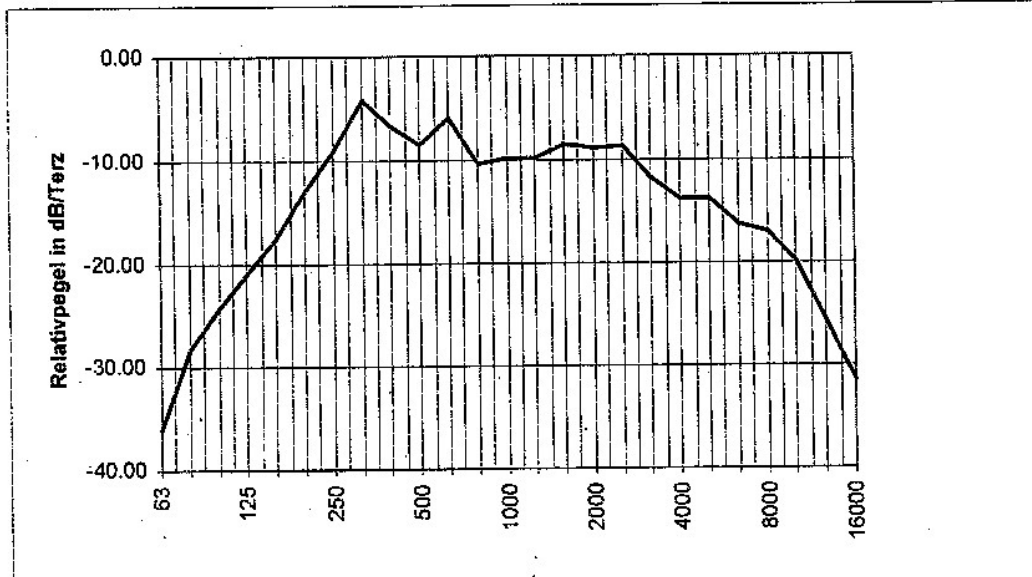


Abb. 5.4.2: Relativpegel dB/terz-Flinte Kaliber 12/70 nach [1] für Mündungsknall

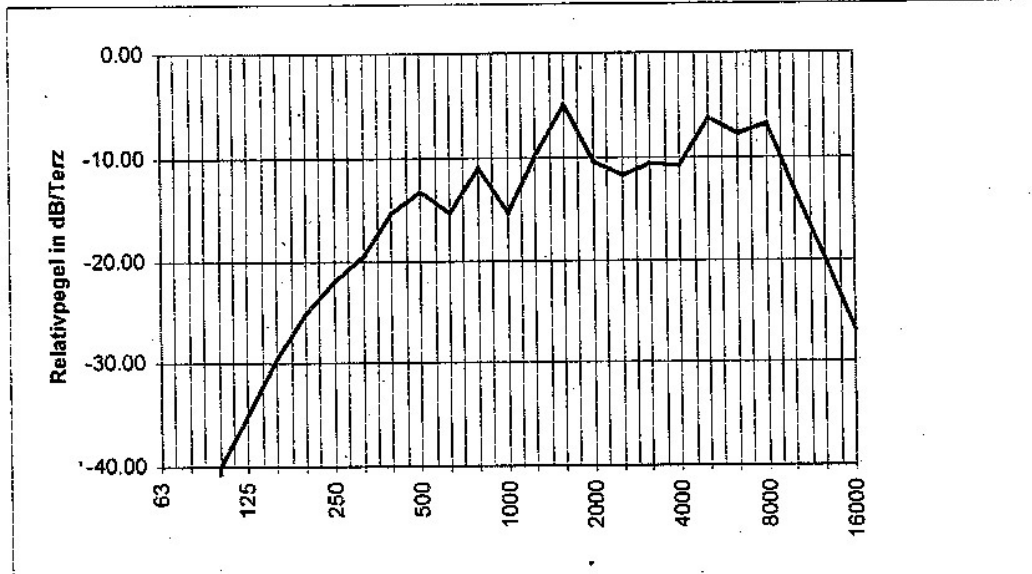


Abb. 5.4.3: Relativpegel dB/terz-„Luftgewehr“ Kaliber 4.5 mm nach [1] für Mündungsknall

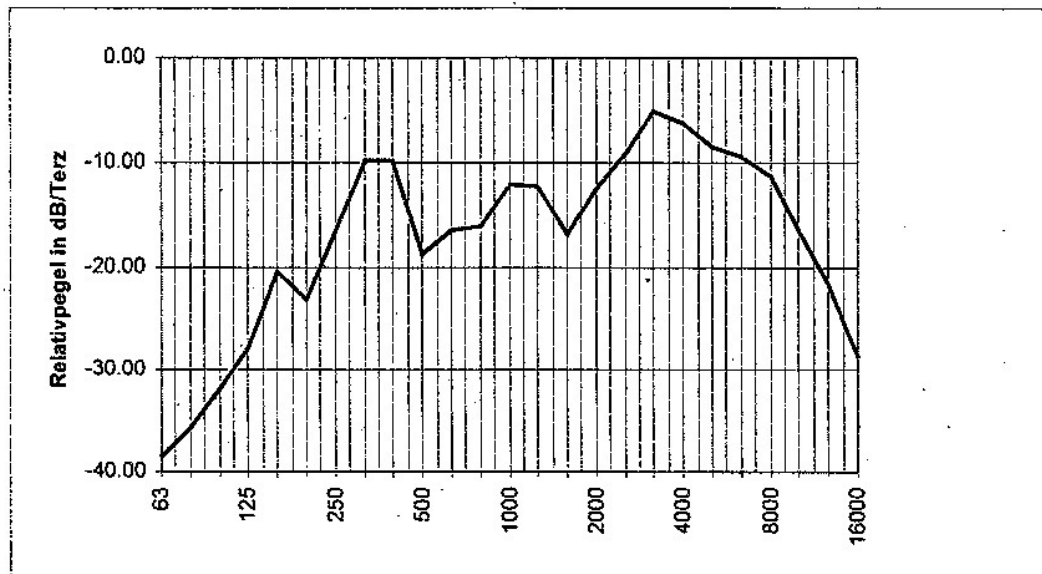


Abb. 5.4.4: Relativpegel dB/terz-Sportpistole Kaliber 9 mm Luger nach [1] für Mündungsknall

Bei der Bestimmung der von einem Bauteil abgestrahlten Schalleistungspegel ist zu beachten, dass bei Schießgeräuschen der Pegel des Direktfeldes relevant ist und daher die nach außen abgestrahlte Schalleistung  $L_a$  definitionsgemäß nach DIN 52210 [18] durch Abzug der Schalldämmung von dem innen anfallenden Schalleistungspegel  $L_i$  berechnet wird:

$$\text{Gl.(5.4.1)} \quad L_a = L_i - R'_w$$

Die im Anhang der 18. BImSchV [4] genannte Formel 4 trifft auf Schießgeräusche nur bei kleinen Hallenvolumen zu, jedoch nicht für größere Hallen, bei denen nach der Gl.(5.4.1) verfahren werden sollte.

Bei kleinen geschlossenen Schießanlagen, für die der Korrekturfaktor  $C$  mehr als 4 dB beträgt, kann der Außenpegel nach

$$\text{Gl.(5.4.2)} \quad L_a = L_i - R'_w - 4$$

konform mit den Vorgaben der 18. BImSchV [4] berechnet werden.

## 6 Schallimmissionsprognose anhand von Betriebsdaten

Die Notwendigkeit einer Schallimmissionsprognose kann sich beim Neubau oder bei einer wesentlichen Änderung einer Schießanlage ergeben. Die wesentliche Änderung kann in einem Umbau der Schießanlage oder in einer wesentlichen Änderung des Schießbetriebs bestehen. In jedem Fall ist die Betriebsbeschreibung der Ausgangspunkt für die Prognose.

### 6.1 Betriebsbeschreibung und Angaben zur Schallemission

In der Regel sind im Zuge eines Genehmigungsantrags die Anzahl der Schüsse und die dazu benutzten Waffen- und Munitionsarten nicht genau bekannt. Allerdings kann unterstellt werden, dass der zu erwartende Schießbetrieb mit den im Anhang A.3 definierten Pegelklassen für das System Waffe und Munition ausreichend genau beschrieben werden kann. Die Betriebsbeschreibung muss daher ergänzend zu den Lageplänen, Bauzeichnungen etc. folgende Angaben umfassen:

- Anzahl der zu erwartenden Schüsse in den 12 Schalleistungspegelklassen für Waffen und Munition nach Tab. 4.2.1 in Anhang A.2 bzw. Gl.(4.1.2)
- Anzahl der Schüsse mit Mündungsgeschwindigkeiten  $v_0$  größer als Schallgeschwindigkeit
- Betriebszeiten
- Anzahl der Fahrzeuge, die zum Schießstand fahren und dort geparkt werden
- Sonstige Schallquellen, wie z.B. Lautsprecher für Durchsagen, Musik etc..

Sind wegen Wettbewerben oder aus anderen Anlässen an einzelnen Tagen deutlich abweichende Betriebsbedingungen zu erwarten, dann sind diese getrennt, entsprechend der obigen Darstellung zu beschreiben. Ergänzend sind die Anzahl der Jahrestage und gegebenenfalls die Anzahl der zusammenhängenden Tage zu benennen, an denen Schießbetrieb stattfindet.



Bezüglich der Betriebsbedingungen ist festzustellen, dass in der Regel eine Abweichung des Immissionspegels nach oben, die 3 dB und mehr beträgt, als wesentliche Änderung angesehen wird. Auch scheinbar geringe Änderungen der Betriebsbedingungen gegenüber denen, die im Genehmigungsbescheid genannt sind, die in der Summe eine Pegelerhöhung von 3 dB und mehr bewirken, sind als wesentlich anzusehen und bedürfen einer Genehmigung. Daher sollte sich die Betriebsbeschreibung an den zu erwartenden ungünstigsten Betriebszuständen orientieren unter Berücksichtigung der Betriebszeiten und der Zahl der Schüsse. So kann die Verschiebung einer bestimmten Anzahl von Schüssen in die Ruhezeiten (siehe Tab. 3.1.1) zu einer Erhöhung des Beurteilungspegels der Schallimmission um bis zu 6 dB führen. Im Zusammenhang mit Betriebsweise und -zeiten sei darauf verwiesen, dass sich die Änderungen der Beurteilungspegel sehr leicht mit Hilfe der Pegelklassen nach Anhang A.2 abschätzen lassen. So kann beispielsweise die Reduzierung um einen Schuss in der Pegelklasse 1 mit zusätzlich 10 Schuss in der Pegelklasse 3 kompensiert werden oder 100 in der Pegelklasse 5!

In Tabelle 6.1.1 ist der Ausschnitt eines Formulars einer Betriebsbeschreibung wiedergegeben. In Spalte 1 wird das System Waffe / Munition nummeriert. In Spalte 2 wird der Waffentyp eingetragen,

d.h. entweder K für Kurzwaffe oder B für Büchse und F für Flinte. Unter Munition kann die Geschossenergie oder die handelsübliche Bezeichnung eingetragen werden. Es wird empfohlen, die Geschossenergie anzugeben, weil mit Gl.(4.1.2) unmittelbar der Schalleistungspegel des Mündungsknalls berechnet werden kann. Die Angaben in den Spalten 2 und 3 können entfallen, wenn die Schalleistungspegelklasse nach Anhang 2 in Spalte 8 (Mittelwert der Gruppe) angegeben wird. Spalte 5 kennzeichnet, ob an Feiertagen oder Sonntagen geschossen wird. Danach erfolgt die Angabe zur Tageszeit und die Länge der Schießbahn bzw. Angabe der Schießart (Trap, Skeet, Kipphase etc.). In der Spalte 8 kann der Schalleistungspegel eingetragen werden. Danach erfolgt die Angabe des Reflexionskorrekturfaktors  $R_c$  (Spalte 9). In Spalte 10 wird die Zahl der Schüsse, in Spalte 11 das zugehörige Pegelmaß angegeben. In Spalte 12 wird der Ruhezeitenzuschlag angegeben und in Spalte 13 der Summenschalleistungspegel  $L_{w,s}$ , der sich aus der Anzahl der Schüsse nach

$$\text{Gl.(6.1.1)} \quad L_{w,k,s} = L_{w,k} + R_c + 10 \log n_k + Z_j$$

bzw. als Summe der Spalten 9, 11 und 12 ergibt, wobei  $n_k$  die Zahl der Schüsse des Typs  $k$  in der Teilzeit  $j$  ist.

Tab. 6.1.1: Formular für die Beschreibung des Schießbetriebs in einem teilgedeckten Schießstand vom Typ 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Lfd. Nr.	Waffe	Munition J	Gruppe	Tag	Zeit Uhr	Bahn Nr.	$L_w$ dB(A)	$R_c$	n	$10 \log n$ dB	$K_{r,j}$	$L_{w,s}$ dB(A)
1	B/F	900	1	W	20-22	100	150	-2	70	18.5	6	166.5
2	B/F	400	3	W	17-20	100	145	-2	420	26.2	0	169.2
3												
4												
5												

Anmerkung: Schießbetrieb bei höchster zu erwartender Auslastung

Der Summenschalleistungspegel  $L_{w,s}$  entspricht dem Schalleistungspegel, der bei gleichzeitigem Anfall aller Schüsse  $n_i$  entsteht. Der Gesamtsummenschalleistungspegel entspricht der Zusammenfassung aller Schüsse auf einen Zeitpunkt. Der Summenschalleistungspegel wird auf den mittleren bewerteten Schalleistungspegel der Anlage in der Beurteilungszeit  $T_r$  angegeben und in Sekunden entsprechend Gl.(3.1.2) umgerechnet:

$$\text{Gl.(6.1.2)} \quad L_{w,r} = L_{w,s} + 10 \log \left( \frac{5}{T_r} \right)$$

Ausgehend vom 1. kann mit einer überschlägigen

Ausbreitungsrechnung für die Immissionsorte abgeschätzt werden, ob eine detaillierte Betrachtung erforderlich ist. Eine solche ist erforderlich, wenn der Richtwert um weniger als 3 dB unterschritten wird.

Der Pkw-Verkehr wird am besten durch einen Lageplan mit den Parkplätzen und den Zu- und Abfahrwegen dargestellt mit Angabe der stündlichen Parkbewegungen. Eine Parkbewegung pro Stunde kann mit einem Schalleistungspegel von 65 dB(A) gleichgesetzt werden. Entsprechend ist für Lautsprecheranlagen etc. zu verfahren. Weitere Informationen dazu können den Beispielen in Abschnitt 8 entnommen werden.

## 6.2 Anlagenbeschreibung

Die Anlagenbeschreibung umfasst die Festlegung, um welche Art von Anlage es sich handelt. Folgende Angaben sind erforderlich:

### 6.2.1 Vollkommen offener Schießstand

Es wird ein Lageplan mit allen Schützenpositionen, Lage der Wurfmaschinen und gegebenenfalls Anordnung von Wällen, Wänden oder Gebäuden mit deren Höhen, die eine abschirmende Wirkung zur Nachbarschaft haben können, benötigt. Ergänzend ist ein Lageplan der Schießanlage mit der betroffenen Nachbarschaft erforderlich. Der Maßstab sollte in der Regel 1:5000 betragen.

### 6.2.2 Offener Schießstand mit Umschließung des Schützenstandes

Der Lageplan muss die geschlossenen Gebäude, den Schützenstand, die Bahnen und alle Hochblenden enthalten. Ferner ist anzugeben, welche Baumaterialien vorgesehen sind und wo diese eingesetzt werden. Auch in diesem Fall wird ein Lageplan der Umgebung im Maßstab 1:5000 benötigt.

### 6.2.3 Teilgedeckte Schießstände

Ergänzend zu den Angaben nach 6.2.2 sind hier noch die Wand- und Deckenkonstruktionen der Schießbahnen zu beschreiben und insbesondere die absorbierenden Eigenschaften der Innenseiten bzw. deren konstruktiver Aufbau darzustellen. Dazu gehört auch die Beschreibung des Schützenstandes, insbesondere der absorbierenden Konstruktionselemente.

### 6.2.4 Geschlossener Schießstand

Hier werden neben dem Lageplan mit der Nachbarschaft die Bauzeichnungen und die Baubeschreibung mit Angaben zum Aufbau der Wände, Fenster, Decken etc. benötigt. Gegebenenfalls sollte die Baubeschreibung die vorgesehenen Werte für die bewerteten Bauschalldämmmaße  $R_w$  nach DIN 4109 „Schallschutz im Hochbau“ [6] enthalten. Falls Wohnungen im gleichen Gebäude vorgesehen oder vorhanden sind, sind auch entsprechende Gebäudeschnitte erforderlich, um die Anordnung eindeutig zu beschreiben.

## 7 Bemessung von baulichen Maßnahmen

Bei den baulichen Maßnahmen sind die in der Schießstand-Richtlinie [2] unter 3 gestellten Anforderungen zu berücksichtigen; dies betrifft insbesondere die aus Brandschutzgründen gestellten Anforderungen an die eingesetzten Materialien zur Schallabsorption.

Bei allen Anlagen sind diese Maßnahmen nach dem Stand der Technik zu bemessen, unter Berücksichtigung des Gesichtspunktes der Verhältnismäßigkeit. D.h. die Anforderungen an die baulichen Maßnahmen müssen in angemessenem Verhältnis zu der dadurch erreichbaren Pegelminderung in der Nachbarschaft stehen. Häufig sind es einfache Maßnahmen, die eine entscheidende Reduzierung der Schießgeräuschimmissionen bewirken können.

Je nach Anlagentyp können die folgenden Maßnahmen ausgeführt werden:

### 7.1 Vollkommen offene Schießstände

Die Maßnahmen orientieren sich hier an der Möglichkeit der Ausrichtung, Abschirmung oder Verminderung von Reflexionen:

- Nutzung der Gegebenheiten des Geländes, um den Schießbetrieb gegenüber der betroffenen Nachbarschaft abzuschirmen.
- Schussrichtung vom Immissionsort abkehren.
- Errichtung eines Walles von 5 m Höhe und mehr, um die Schießgeräusche abzuschirmen. Bei größeren Entfernungen sind höhere Wälle erforderlich. Mit Abschirmmaßnahmen können Minderungen bis 20 dB erreicht werden (siehe VDI 2720 [17]).
- Errichtung von Gebäuden, die eine abschirmende Funktion einnehmen.
- In Einzelfällen kann die Installation einer absorbierenden Schicht an einem Gebäude erforderlich werden, wenn dessen Reflexion einen wesentlichen Beitrag liefern kann. Dafür sind Akustikputze oder ähnliches Material geeignet.
- Organisatorische Maßnahmen zur Konzentrierung des Schießbetriebs auf Werktage außerhalb der Ruhezeiten.

### 7.2 Offene Schießstände mit Umschließung des Schützenstandes

Die Maßnahmen bei offenen Schießständen zielen auf eine Verbesserung der Abschirmung und Reduzierung von Reflexionen ab. Dies kann erreicht werden durch:

- eine Schussrichtung, die mehr als 30° von der Richtung zum Immissionsort abweicht.
- eine Erhöhung des Schützenhauses zur Verbesserung der Abschirmung.
- die seitliche Umschließung des Standes mit Bauteilen.
- die Erhöhung der Seitenwände oder -wände über das aus Sicherheitsgründen erforderliche Maß hinaus.

eine schallabsorbierende Verkleidung der Sicherheitsblenden.

Schallabsorptionssysteme, die luft- und lichtdurchlässig sind (Pegelminderung bis 15 dB quer zur Schussrichtung) (siehe Abschnitt 7.6).

organisatorische Maßnahmen gemäß 7.1.

Bei Immissionsorten, die entgegen der Schussrichtung liegen, ist die Schallreflexion an den Sicherheitsblenden der entscheidende Faktor für die Wirkung der Abschirmung des Schützenhauses oder der seitlichen Wände.

### 7.3 Teilgedeckte Schießstände

Beim teilgedeckten Schießstand ist die Ausbildung der Unterseite der Decke der Schießbahn mit Absorptionsmaterialien erforderlich. Es dürfen heute ausschließlich schwer entflammbar (B1 nach DIN 4102 [19]) oder noch besser nicht brennbare Materialien (Baustoffklasse A) ausgewählt werden. Bei Verwendung von Schaumstoffen und Verbund-schaumstoffen ist aus Gründen des vorbeugenden Brandschutzes besonderer Wert auf die zulässigen brandschutztechnischen Eigenschaften (Baustoffklasse gemäß DIN 4102 Teil 1 [19]) unter Berücksichtigung einer möglichen Verschmutzung zu legen. Die sichtbare Oberfläche des Materials sollte glatt und widerstandsfähig gegen Abrieb und mechanische Belastung sein. Bei absorbierenden Materialien, die der Witterung ausgesetzt sind, ist darauf zu achten, dass die Materialien nicht nass werden oder gegebenenfalls austrocknen können. Harte Materialien, die nicht luftdurchlässig sind, sind grundsätzlich ungeeignet, da sie den Schall reflektieren. Ansonsten gelten die Hinweise wie unter 7.2.

### 7.4 Geschlossene Schießstände

Bei dieser Art des Schießstandes ist in der Regel eine hohe Schalldämmung der Wände, Decken oder Dächer erforderlich, die mit einschaligen massiven oder doppelschaligen Konstruktionen erreicht werden kann. Beispiele finden sich in Tabelle 7.5.1.

In der Regel kann der Nachhall durch absorbierende Verkleidungen reduziert werden. Da geschlossene Schießstände zwangsbelüftet werden müssen, ist besonders darauf zu achten, dass die Be- und Entlüftungsöffnungen mit ausreichend dimensionierten Schalldämpfern ausgerüstet sind. Die Gebläse sind vor den Schalldämpfern auf der Innenseite anzuordnen.

Weitere Schwachstellen sind Fenster und Türen. Heute gibt es zahlreiche Fensterkonstruktionen mit hohen Dämmwerten. Trotzdem sollte die Zahl der Fenster in Schießständen minimiert werden. Wichtig ist, dass diese nur zu Reinigungszwecken geöffnet werden können. Bezüglich der Türen sind handelsübliche Systeme mit umlaufenden Gummidichtungen geeignet, wenn eine Schallschleuse vorgesehen ist. Ansonsten stehen im Handel Türen mit einem  $R'_w > 42$  dB zur Verfügung.

Der Umfang der erforderlichen schallabsorbierenden Verkleidung hängt von dem Hallenvolumen ab. Auch hier sind die Sicherheitsbestimmungen des Deutschen Schützenbundes e.V. [2] zu beachten.

Körperschallanregung durch den Geschossfang ist unbedingt zu vermeiden; es sollten daher geeignete Materialien und Systeme verwendet werden. Der Einsatz eines Stahllamellen-Geschossfangs erfordert eine Körperschallentkopplung, um die Vibration des Gebäudes zu minimieren.

### 7.5 Schallabsorptionsverkleidungen

Geeignet zum Einsatz in Schießständen sind Verkleidungen mit einem Schallabsorptionsgrad  $\alpha \geq 0.7$  zwischen 250 und 1500 Hz. Ausgeführt werden sie aus elastischen bzw. relativ harten Dämmstoffen. Dem heutigen Stand der Technik entsprechende Materialien zur Verwendung im Schießstandbau sind in Tabelle 7.5.1 zusammengestellt.

Vollkommen ungeeignet sind die früher vereinzelt anzutreffenden Verkleidungen aus „Eierkisteneinsätzen“ und leicht entflammbare Polyurethanschaumstoffmatten („Pyramidenplatten“ der Baustoffklasse B 3 gemäß DIN 4102 Teil 1 [19]).

Tabelle 7.5.1: Schallabsorptionsmaterialien von Bauteilen, Einrichtungen und Verkleidungen

1. Schaumstoff aus Melaminharz, Markenzeichen „Basotect“, Stärke min. 30 mm, mit und ohne Oberflächengewebe als Schutz gegen Beschädigung Baustoffklasse: B 1 Anbieter: Greiner Anbieter: Hanno-Werk Anbieter: Illbruck Anbieter: Metzeler	Produktbezeichnung: audiotec Produktbezeichnung: Hanno-Tect Produktbezeichnung: illsonic acoustic panel Produktbezeichnung: MetzoNor Prevent
2. Glaswolle als hochverdichtete Glaswollplatte, Stärke 40 mm, mit Beschichtung Baustoffklasse: B 1 Anbieter: Ecophon	Produktbezeichnung: Schießstand Paneel
3. Steinwolle als hochverdichtete gebundene Steinwollplatte, Stärke 50 mm, mit Oberflächenbeschichtung oder Oberflächenschutz aus Glasgitternetz bzw. -gewebe Baustoffklasse: A 2 Anbieter: Rockfon/Rockwool Anbieter: Braun Lärmschutztechnik	Produktbezeichnung: Facett 455 Produktbezeichnung: webra I/A/50
4. Holzwolle – Leichtbauplatten feinwollige Ausführung, magnesitgebunden, Stärke 15 - 50 mm Baustoffklasse: B 1 Anbieter: Heraklith	Produktbezeichnung: Herakustik F
5. Holz – Akustikplatten als leichte Spanplatten mit Absorptionsbeschichtung, Stärke 18 mm Baustoffklasse: B 1 bzw. A 2 Anbieter: Wilhelmi Werke	Produktbezeichnung: Mikropor S/Variante X
6. Lärmschutzziegel als Schräglochsteine aus gebranntem Ton mit Mineralfasermatten-Einlage, Stärke 115 mm Baustoffklasse: A 1 Anbieter: Girnghuber als Akustikkachel aus gepresstem, gebundenem „Sand“, Stärke 28 mm Baustoffklasse: A 1 Anbieter: Spieth	Produktbezeichnung: Gima-Akustik-Ziegel Produktbezeichnung: Pyrostone
7. Glasgewebevliese (eventuell noch Holzinnenverkleidung einfügen) zur Oberflächenkaschierung bzw. -abdeckung Baustoffklasse: A 2	

### 7.5.1 Wand- und Deckenverkleidungen für geschlossene Schießstände

An die in geschlossenen Schießständen zur Anwendung kommenden schallabsorbierenden Wand- und Deckenverkleidungen werden aus der Sicht des vorbeugenden Brandschutzes besondere Anforderungen gestellt. Diese ergeben sich aus den

Schießstand-Richtlinien [2] und sind unbedingt zu beachten.

Schallabsorptionsverkleidungen für geschlossene Schießstände (sog. Raumschießanlagen) müssen demnach mindestens schwerentflammbar (Baustoffklasse B 1 gemäß DIN 4102 Teil 1 [19]) oder besser nicht brennbar (Baustoffklasse A) sein. Soll



in solchen Schießständen mit Vorderladerwaffen geschossen werden, so müssen bei Neuanlagen nicht brennbare Baustoffe vorgesehen werden.

Bei Verwendung von Schaumstoffen und Verbund-schaumstoffen ist aus Gründen des vorbeugenden Brandschutzes besonderen Wert auf die zulässigen brandschutztechnischen Eigenschaften (Baustoffklassen gemäß DIN 4102 Teil 1 [19]) unter Berücksichtigung der Oberflächengestaltung im Hinblick auf eine mögliche Verschmutzung zu legen. Die sichtbaren Oberflächen des Materials sollen glatt und widerstandsfähig gegen Abrieb und mechanische Belastung (Hülsen) sein. Wegen der Möglichkeit der Ablagerung von Stäuben und der erschwerten Reinigung sind Wandverkleidungen mit profilierter Oberfläche (z.B. Pyramiden- oder Wafelstruktur) für Schießstände nicht geeignet.

Aus akustischen Gründen ist es sinnvoll, absorbierende Bauteile nicht direkt auf die Wände bzw. an der Decke zu montieren, sondern in einem Abstand von mehr als 50 mm bzw. bei abgehängten Deckenkonstruktionen von mehr als 250 mm. Diese Hohlräume können zur besseren Absorption im tieffrequenten Bereich noch zusätzlich mit zulässigen Schaumstoffen (Melaminharz) oder künstlichen Mineralfasern hinterfüllt werden.

In Abbildung 7.5.1.1 ist ein Ausführungsbeispiel dargestellt. Ausdrücklich ist darauf hinzuweisen, dass Polyurethan-Schaumstoffmatten für die schallabsorbierende Ausstattung von Neuanlagen nicht mehr zulässig sind.

### BEISPIEL SCHALLABSORBIERENDE WANDVERKLEIDUNG

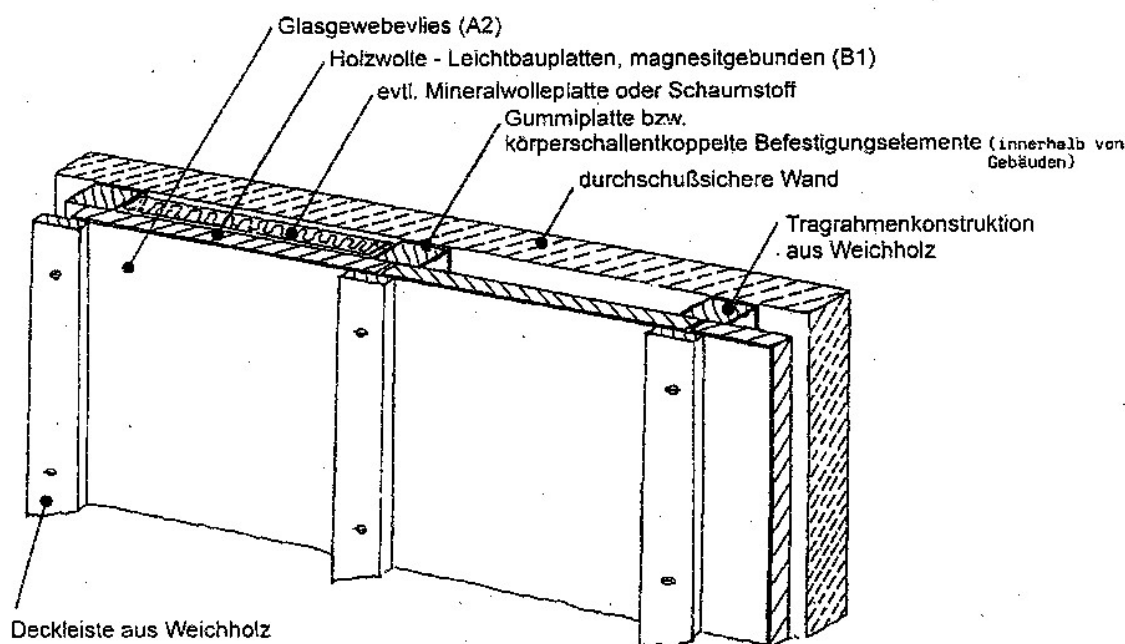


Abb. 7.5.1.1: Ausführungsbeispiel für absorbierende Wandverkleidung

#### 7.5.2 Blenden bei offenen Schießständen

Um störende Reflexionen von den Blendenoberflächen zu verringern, sind für die schützenseitige Verkleidung von Blenden in offenen (bzw. teilgedeckten) Schießständen folgende Materialien zu empfehlen:

- $\geq 50$  mm starker Mineralfaserfilz mit wetterfester Abdeckung aus Kunststoffgaze oder Kunststofflochplatten bzw. schuppenförmig angeordneten Holzriemen mit Schlitzöffnungen.
- $\geq 40$  mm starker Gummischnitzelplatten auf Laternenrost

Auch Materialien, die ansonsten für Lärmschutzmaßnahmen an Straßen Verwendung finden, können zur Verkleidung von Hochblenden eingesetzt werden (z.B. von Betonwaren Sondershausen, Bosch, Hoesch, Maibach). Dabei ist es zu beachten, dass die Blenden Geschosse von Fehlschüssen ab- bzw. rückprallsicher aufnehmen können.

#### 7.5.3 Vermeidung von Kondensatbildung und Feuchte

Bei offenen und teilumschlossenen Ständen, deren Bauteile außen und innen dem Außenklima aus-

gesetzt sind, kann die Ausbildung von Verkleidungen allein aus konstruktiven und schallschutztechnischen Gesichtspunkten erfolgen, sofern nach Abb. 7.5.3.1 für einen Regenwasserablauf mit Hinterlüftung gesorgt wird.

Bei geschlossenen Ständen, die beheizt und gegen das Außenklima abgeschirmt sind, ist dagegen Vorsorge gegen Feuchteanfall (Kondensat) in den Umgebungsbauteilen zu treffen, da das innenseitig an-

geordnete Schallabsorptionsmaterial ein sehr gutes Wärmedämmvermögen aufweist und auf der „falschen“ Seite angeordnet ist. Die zusätzlich innen-seitig angebrachten Schallabsorptionsverkleidungen werden mit Raumluft hinterlüftet, indem bei Wandverkleidungen unterseitig und bei Deckenverkleidungen in bestimmten Abständen Hinterlüftungsfugen vorgesehen werden.

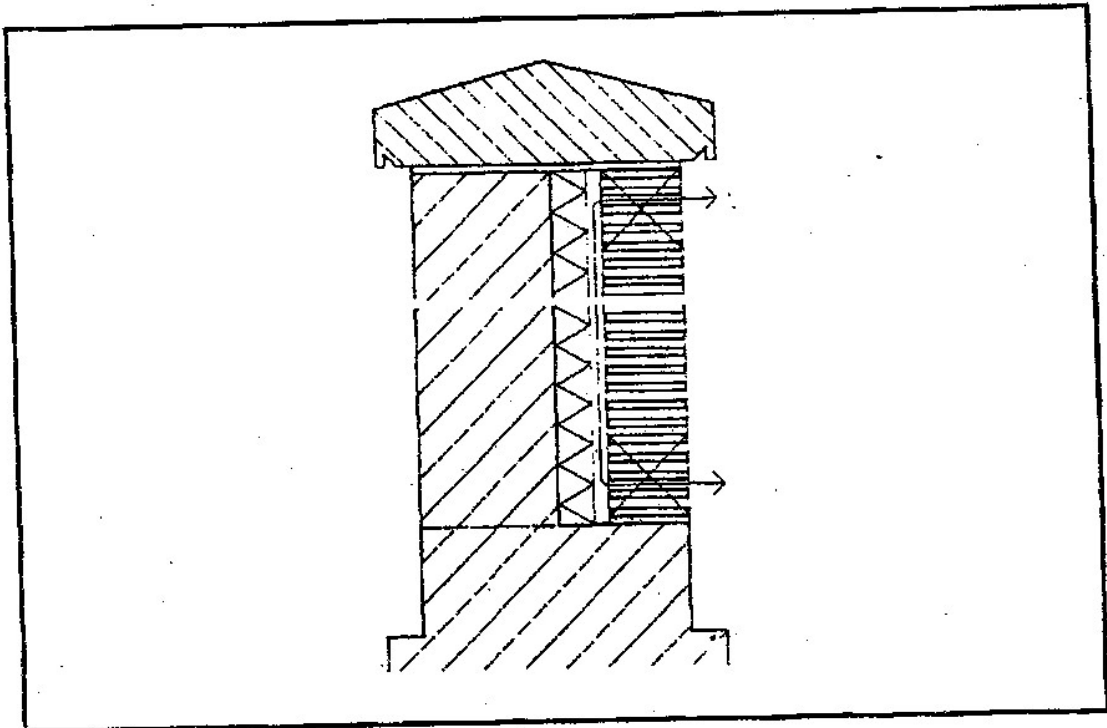


Abb. 7.5.3.1: Prinzipdarstellung schallabsorbierender Verkleidungen von Außenwänden. Lochziegel mit Hinterlüftung und Wasserablauf, Mineralfaserplatten im Wandhohlraum

## 7.6 Maßnahmen zur Minderung des Mündungsknalls

Zur Minderung des Mündungsknalls können Lärmschutzsysteme benutzt werden, bei denen durch eine Schießluke geschossen wird, die mit schallabsorbierendem Material ausgekleidet ist. Die akustischen Materialien, die dafür ausgewählt werden, dürfen nicht brennbar sein und müssen leicht von Pulverrückständen zu reinigen sein. Geeignete Systeme werden in der Schweiz angeboten.

Mit solchen Systemen können Pegelminderungen des Mündungsknalls bis zu 15 dB erreicht werden. Sie sind besonders wirksam in Schießständen des Typs 2. Bei den Schießständen der Typen 2 und 3 ist eine absorbierende Ausführung der Vorderseiten der Blenden wesentlich, da die Reflexion von den Blenden die Wirkung der Abschirmung durch den Schützenstand und die Abdeckung entscheidend

reduzieren kann. Damit wird auch die abschirmende Wirkung der Blenden in Schussrichtung verbessert.

## 7.7 Schalldämmende Bauteile

Bei der Auslegung schalldämmender Konstruktionen ist darauf zu achten, dass die Schalldämmmaße der Tabellenwerte (siehe DIN 4109 [6]) nur für dichte Schalen und allseitig dichten Anschluss der Bauteile gelten.

Dies ist bei Fenstern und Öffnungsflügeln und bei Leichtdächern nicht der Fall, weshalb die angegebenen Schalldämmmaße durch Angaben für die praktische Ausführung ergänzt werden.

Massive Bauteile aus Beton oder als beidseitig verputztes Mauerwerk weisen bei den konstruktionsbedingten Flächengewichten von

$\rho \geq 250 \text{ kg/m}^3$  Schalldämmmaße von  $R'_w \geq 47 \text{ dB}$  auf

Bei teilumschlossenen Ständen wird der Schallschutz letztlich durch die Schallabschirmung des Standes bestimmt. Das bewertete Bauschalldämmmaß  $R'_w$  von Schirmelementen muss dazu nicht mehr als 20 dB betragen.

Bei leichten Bauteilen ist eine dichte Ausführung entscheidend, auch wenn die Schalldämmung ausreichend ist. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Bauteile unter dem Einfluss klimatischer Verhältnisse nachträglichen Veränderungen (Dehnungen und Risse) unterliegen können. Gegen die Entstehung von Spalten und Schlitzen sind folgende Maßnahmen möglich:

- Plattenförmige Bauteile sind am Stoß untereinander und gegen andere Bauteile gefährdet. Eine Sicherung ist durch einen zweilagigen Aufbau mit versetzten Stößen oder z.B. am Dach, durch eine zusätzliche Pappeindeckung zu erreichen.
- Stulpschalungen weisen unter Witterungseinflüssen einen erheblichen Fugenanteil auf. Hier sollte beidseits die Schalung Stoß an Stoß gearbeitet und eine unbesandete, 1 mm dicke Pappe oder eine 0,5 mm dicke Polyäthylen-Folie zwischengelegt werden.
- Wellplatten, z.B. bei Dacheindeckungen, sind an den überlappten Stößen mit handelsüblichen Dichtungsschnüren dicht ausführbar.

Der dichte Anschluss an andere Bauteile ist problematisch. Hier sind entweder die handelsüblichen Formstücke mit zusätzlicher Dichtung zu verwenden, oder eine getrennte flächige Verkleidung aus plattenförmigen Werkstoffen zu schaffen, die zusätzlich die Wellplattenabdeckung als Witterungsschutz erhält.

Mit doppelschaligen Leichtbauweisen können hohe Schalldämmwerte erreicht werden. Insbesondere gilt dies für Schalen, die ohne gemeinsame Verbindung an getrennten Ständern angeordnet sind. Es steht heute eine Fülle von solchen doppelschaligen Konstruktionen zur Verfügung; so z.B. von den Firmen Hoesch und Thyssen. Auch besteht ein reichhaltiges Angebot an Systemen zur Schallabsorption und Schalldämmung, das an die besonderen Bedürfnisse des Schießstandbaus angepasst ist.

## 8 Beispiele

### 8.1 Beispiel 1

Auf einem Schießplatz des Typs I ist ein Wurfscheibenturnier an einem Samstag vorgesehen. Es wird von insgesamt 50 teilnehmenden Schützen und 200 Zuschauern ausgegangen. Pro Schütze sollen 100 Wurfscheiben in der Schießart Skeet geschossen werden. Es wird vom ausrichtenden Verein angenommen, dass insgesamt 7500 Schüsse während der Veranstaltung zwischen 14 und 18 Uhr an einem Samstag geschossen werden.

Das nächstgelegene Wohnhaus liegt in 700 m Entfernung entgegen der Schussrichtung; das höchste Fenster eines Raumes, der zum dauernden Aufenthalt vorgesehen ist, befindet sich in 7,5 m Höhe. Die Zufahrt zum Schießplatz, die auch am genannten Gebäude vorbeiführt, liegt auf einer Straße, deren DTV-Werte bei 5000 Fahrzeugen pro Tag liegen. Die Schießachse liegt 65° zur Richtung des nächstgelegenen Hauses.

Der Schallleistungspegel für Flinten liegt nach Anhang A.2 im ungünstigsten Fall in der Gruppe 4, d.h. bei

$$L_w = 140 \text{ dB(A)},$$

das Richtwirkungsmaß nach Gl.(4.3.1.1) bei  $D_c = 2.9$ .

Der Summenschallleistungspegel über die Gesamtveranstaltung ergibt sich, da an einem Werktag außerhalb der Ruhezeiten geschossen wird ( $Z_j = 0$ ), aus

$$L_{ws} = 140 + 10 \log(n) = 140 + 2.9 + 10 \log(7500) = 181.7 \text{ dB(A)}.$$

Da die Veranstaltung tagsüber und am Wochenende stattfinden soll, liegt der bewertete Schallleistungspegel über die Beurteilungszeit  $T = 16 \times 3600$  s nach Gl.(6.1.2) bei

$$L_{w,r} = L_{ws} + 10 \log \frac{5}{T} = L_{ws} + 10 \log \frac{5}{16 \cdot 3600} = 181.7 - 40.6 = 141.1 \text{ dB(A)}$$

Die Quellenhöhe  $h_q$  kann im Mittel mit 2 m angenommen werden. Damit ergibt sich:

$$h_m = 0.5 \cdot (2 + 7.5) = 4.75 \text{ m}.$$

Abschirmungen etc. sind nicht vorhanden. Damit erhält man unter Berücksichtigung der Ausbreitungsdämpfungen nach Anhang A.2 und der meteorologischen Korrektur ( $C_0 = 3 \text{ dB}$ ):

Tab. 8.1.1: Berechnungstabelle. Beispiel 1

Immissionsort	$H_m$ m	Abstand m	$L_{wr}$ dB(A)	$D_c$ dB A.3.1.1	$D_{\alpha}$ dB A.3.1	$A_{div}$ dB A.3.2.1	$A_{tm}$ dB A.3.3.1	$A_{gr}$ dB A.3.4.1	$A_{bew}$ dB A.3.5.1	$A_{bar}$ dB A.3.6.1	$L_{AT}$ dB(A)	$C_{MET}$ dB	$L_{M,r}$ dB(A)
1	4.75	700	141.7	-2	+3	-67.9	-1.5	-4.6	0	0	68.1	-2.5	65.6

Nach Tabelle 8.1.1 ergibt sich ein Immissionspegel von 65.6 dB(A) unter Anwendung der Formeln im Anhang A.3.

Die Veranstaltung verursacht einen Straßenverkehr von  $M_m = 500$  Fahrzeuge (250 An- und 250 Abfahrten) pro Tag oder von

$$M = 500/16 = 32 \text{ Pkw-Fahrten}$$

im Tagesmittel pro Stunde, wenn von der ungünstigsten Annahme ausgegangen wird, dass jeder Teilnehmer und jeder Zuschauer im eigenen Fahrzeug anreist. Aus der Verkehrslärmschutzverordnung kann aus den Diagrammen I und II unmittelbar abgelesen werden, dass bei 50 km/h zulässiger Fahrgeschwindigkeit der Pegel in 25 m Entfernung von der Straße bei

$$46 \text{ dB(A)}$$

liegt. Damit ist sichergestellt, dass der Verkehr auf dem Grundstück des Schützenvereins gegenüber den 65.6 dB(A) am nächstgelegenen Wohnhaus in 700 m Entfernung keinen relevanten Beitrag zur Schallimmission liefert. Da die durchschnittliche tägliche Verkehrsmenge auf der Zufahrt, die am Immissionsort vorbeiführt, im Mittel bei 5000 Fahrzeugen am Tage liegt, erhöht der durch die 500 Fahrten zusätzlich erzeugte Pegel den Straßenverkehrspegel ausgehend von der öffentlichen Straße um

$$\Delta = 10 \log \frac{DTV + M_m}{DTV} = 10 \log \frac{5500}{5000} = 0.4 \text{ dB}$$

Der Beitrag ist, da er deutlich unter 3 dB liegt, nicht wesentlich.

Da eine solche Veranstaltung höchstens fünfmal im Jahr vorgesehen ist, können die Schallimmissionen an diesen Tagen nach TA-Lärm [5] als seltenes Er-

eignis eingestuft werden, für das ein Beurteilungspegel von 70 dB(A) am Tage angesetzt werden kann (siehe Abschnitt 2.3.4). Im vorliegenden Fall ist weiter zu prüfen, ob alle Einzelschusspegel die Bedingung nach Abschnitt 2.3.4

$$\bar{L}_{AF, \max} < 70 + 20 < 90 \text{ dB(A)}$$

erfüllen. Der mittlere Einzelschalleistungspegel in der vierten Gruppe beträgt für die Ausbreitungsrichtung 90° 143 dB(A). Das bedeutet, dass der mittlere Einzelschusspegel, der sich genau wie der Mittelungspegel (siehe obige Tabelle 8.1.1) errechnet, im Mittel bei

$$L = 143 - 2 + 3 - 67.9 - 1.5 - 4.58 - 2.5 = 67.6 \text{ dB(A)}$$

liegt und damit die 90 dB(A) weit unterschritten werden.

## 8.2 Beispiel 2

Es ist die Errichtung eines neuen Schießstandes vom Typ 2 geplant. Es handelt sich dabei um einen Schießstand mit drei 100-m-Bahnen (1 bis 3) und fünf 50-m-Bahnen (4-9) mit einem seitlichen Erdwall von 3.5 m Höhe, wie in der Abbildung 8.2.1 dargestellt. Der Schießstand soll gemäß dem Lageplan zur Nachbarschaft angeordnet sein. Die Nachbarschaft ist als allgemeines Wohngebiet (Richtwert 55 dB(A)) an den Aufpunkten 1 und 2 und als Mischgebiet (Richtwert 60 dB(A)) am Aufpunkt 3 ausgewiesen (siehe Abb. 8.2.1). Die Aufpunkthöhe wird mit 5 m angesetzt, da die Bebauung zweigeschossig ist. Der Schießstand soll nur tagsüber betrieben werden. Die Betriebszeit ist an Werktagen zwischen 7 und 19 Uhr jeweils 8 Stunden und an Sonn- und Feiertagen zwischen 9 und 17 Uhr, wobei eine mittägliche Pause von 2 Stunden zwischen 13 und 15 Uhr vorgesehen ist. Auf dem Parkplatz werden an Werktagen insgesamt 30 An- und Abfahrten erwar-



er und an den Sonn- und Feiertagen ca. 20 während der Betriebszeit.

Die vorgesehene Nutzung des Schießstandes ergibt sich aus der folgenden Tabelle:

Tab. 8.2.1: *Summenschalleistungspegel werktags aus den Betriebsdaten*

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Lfd. Nr.	Waffe	Munition	Gruppe	Tag	Zeit Uhr	Bahn Nr.	L <sub>w</sub> dB(A)	R <sub>c</sub>	n	10logn dB	K <sub>r,j</sub>	L <sub>w,s</sub> dB(A)
1	B/F	—	1	W	7-19	1,2,3	150	2	10	10.5	0	162.0
2	B/F	—	2	W	7-19	1,2,3	145	2	20	13.0	0	160.0
3	B/F	—	3	W	7-19	1,2,3	140	2	435	26.4	0	168.4
4	B/F	—	3	W	7-19	4-9	140	2	45	16.5	0	158.5
5	B/F	—	5	W	7-19	4-9	130	2	50	17.0	0	149.0
6	B/F	—	12	W	7-19	4-9	95	2	300	24.8	0	121.8
gesamt									860			170.1

wobei sich die letzte Spalte nach Gl.(6.1.1) errechnet.

Da bei Schüssen, die in die Gruppe 1 und 2 fallen, zu erwarten ist, dass die Mündungsgeschwindigkeit bei ca. 850 m/s liegt, ist von insgesamt 30 Schüssen am Tage auszugehen (siehe Lfd. Nr. 1 und 2 Tab. 8.2.1), bei denen der Geschosknall zu berücksichtigen ist. Damit ergibt sich für Werktagen ein Schalleistungspegel Geschosknall über die Geschosbahn von 100 m nach Gl.(4.2.1) mit:

$$L_w = 95.8 + 60 \log\left(\frac{850}{340}\right) + 10 \log(100) = 139.7 \text{ dB(A)}$$

In der Summe über die 30 Schüsse nach Lfd. Nr. 1 und 2 ergibt sich der Summenschalleistungspegel des Geschosknalls zu:

$$L_{w,s} = 139.7 + 10 \log(30) = 154.5 \text{ dB(A)}$$

Der Summenschalleistungspegel für Geschos- und Mündungsknall beträgt dann zur Tageszeit an Werktagen

$$L_{ws} = 10 \log(10^{0.1(170.1)} + 10^{0.1(154.5)}) = 170.2 \text{ dB(A)}$$

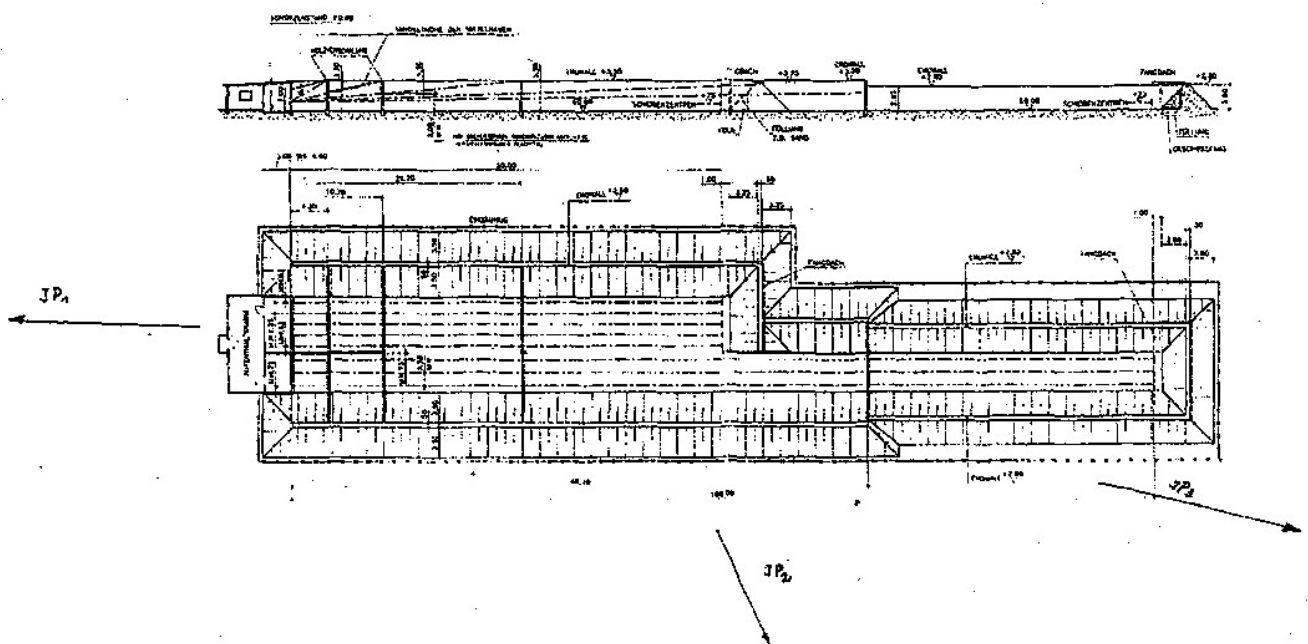


Abb. 8.2.1: *Plan des Schießstandes*

und der mittlere bewertete Schalleistungspegel am  
Tage an Werktagen nach Gl.(6.1.2)

$$L_{w,r} = 170.2 + 10 \log \left( \frac{5}{16 \cdot 3600} \right) = 129.6 \text{ dB(A)}$$

Für die Feiertage ergibt sich:

Tab. 8.2.2: *Summenschalleistungspegel sonn- und feiertags aus den Betriebsdaten*

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Lfd. Nr.	Waffe	Munition	Gruppe	Tag	Zeit Uhr	Bahn Nr.	$L_w$ dB(A)	$R_c$	n	$10 \log n$ dB	$K_{r,j}$	$\Sigma L_w$ dB(A)
7	B/F	—	3	F	9-12, 15-17	1,2	140	2	1200	30.8	0	172.8
8	B/F	—	5	F	9-12, 15-17	1,2	130	2	160	22.0	0	154.0
9	B/F	—	12	F	9-12, 15-17	3,4	95	2	800	29.0	0	126.4
Gesamt									2160			172.8

Für die an **Sonn- und Feiertagen** geschossenen Waffen und Munitionsarten kann wegen der Geschossgeschwindigkeit im Bereich der Schallgeschwindigkeit der Geschossknall vernachlässigt werden. Der Summenschalleistungspegel aller Mündungsknalle für den Tagesbetrieb an Sonn- und Feiertagen beträgt, wie der Tabelle 8.2.2 entnommen werden kann, 172.8 dB(A).

Daraus errechnet sich der mittlere bewertete Schalleistungspegel tagsüber an Sonn- und Feiertagen nach Gl.(6.1.2) zu

$$L_{w,r} = 172.8 + 10 \log \left( \frac{5}{16 \cdot 3600} \right) = 132.2 \text{ dB(A)}$$

Ohne Berücksichtigung der Abschirmwirkung ergeben sich an **Werktagen** die folgenden Beurteilungspegel für die drei Immissionsorte:

Tabelle 8.2.3: *Ausbreitungsrechnung nach Anhang A.3, Beurteilungspegel werktags (letzte Spalte)*

Immissionsort	$H_m$ m	Abstand m	Richtwert dB(A)	$L_w$ dB	$D_c$ dB	$D_G$ dB	$A_{div}$ dB	$A_{atm}$ dB	$A_{gr}$ dB	$A_{bzw}$ dB	$A_{bar}$ dB	$L_{AT}$ dB	$C_{MET}$ dB	$L_{M,r}$ dB
					A.3.1.1	A.3.1	A.3.2.1	A.3.3.1	A.3.4.1	A.3.5.1	A.3.6.1			
1	3.25	980	55	129.6	0	+3	-70.8	-2.0	-4.8	0	0	55.0	-2.8	52.2
2	3.25	1410	55	129.6	0	+3	-74.0	-2.8	-4.8	0	0	51.0	-2.8	48.2
3	3.25	1700	55	129.6	0	+3	-75.6	-3.4	-4.8	0	0	48.8	-2.9	45.9

Da bei der überschlägigen Rechnung nach TA Lärm keine Abschirmung durch den 3.5 m hohen seitlichen Wall angenommen wurde, kann von einer gesicherten Einhaltung des Richtwertes sowohl am Aufpunkt 1 als auch an den Aufpunkten 2 und 3

ausgegangen werden.

An **Sonn- und Feiertagen** ist der mittlere, bewertete Schalleistungspegel  $L_{w,r}$  172.8 (siehe Tab. 8.2.2) um 2.7 dB höher als an Werktagen. Damit liegen alle Immissionspegel um 2.7 dB höher.

Tab. 8.2.4: *Wirkpegel und Beurteilungspegel an Sonn- und Feiertagen*

Aufpunkt	Mitwindpegel $L_{mr}$ dB(A)	Korrektur $C_{MET}$ dB	Maßgeblicher Wert des Beurteilungspegels dB(A)
Immissionsort 1	57.3	-2.8	54.5
Immissionsort 2	53.3	-2.8	50.5
Immissionsort 3	51.1	-2.8	48.2

An Sonn- und Feiertagen ist von einem Erreichen des Richtwertes am Immissionsort 1 ohne Berücksichtigung der Abschirmung auszugehen. Da die Ausgangsdaten bezüglich der Genauigkeit entsprechend TA Lärm A.2.2 höchstens  $\pm 2$  dB entsprechen, erscheint eine genauere Betrachtung mit Abschirmung erforderlich. Der Immissionsort 1 (siehe Abb. 8.2.1) liegt hinter dem Schießstand, da der Stand genau gegen den nächsten Nachbarn ausgerichtet wurde. Die Oberkante des Daches endet 3.5 m über dem Erdboden (siehe Abb. 8.2.1). Bei einer Höhe des Mündungsknalls von 1.5 m über dem Erdboden und 0.5 m vor der Überdachung, entsprechend der Standardposition, ergibt sich für den Immissionsort 1 ein akustischer Umweg nach Gl.(A.3.6.2) von

$$a_A = \sqrt{979.5^2 + (5 - 3.5)^2} = 979.5$$

$$a_Q = \sqrt{(3.5 - 1.5)^2 + 0.5^2} = 2.06$$

$$Z = 979.5 + 2.06 - 980 = 1.56 \text{ m.}$$

Der Korrekturfaktor für Witterungseinflüsse ergibt sich nach Gl.(A.3.6.3) zu

$$K_w = e^{-\left(\frac{1}{2000}\right) \sqrt{\frac{0.5 \cdot (979.5 - 0.5) \cdot 979.5}{2 \cdot 1.56}}} = 0.82$$

und die Einfügungsdämmung des Daches des Schützenstandes durch Abschirmung nach Gl.(A.3.6.1) zu

$$A_{bar} = 10 \log \left( 3 + \frac{500}{170} \cdot 1.56 \cdot 0.82 \right) - 4.8 = 3.5$$

Damit reduziert sich der maßgebliche Wert des Beurteilungspegels von 54.5 dB(A) auf 51.0 dB(A) am Immissionsort 1 an Sonn- und Feiertagen und auf 48.7 dB(A) an Werktagen. Dies gilt unter der Voraussetzung, dass die Blenden absorbierend verkleidet sind. Unter dieser Voraussetzung sind die Richtwerte eingehalten.

#### Anmerkung:

Die TA Lärm schreibt bei der detaillierten Prognose, bei der die Abschirmung berücksichtigt werden kann, vor, dass alle Ausbreitungsgrößen frequenz-

abhängig berücksichtigt werden. Bei Schießlärm liegen Spektren vor, deren wesentliche Beiträge bei 500 Hz beginnen, d.h. die obigen Ansätze, die auf 500 Hz abgestellt sind, sind konservativ. Die frequenzabhängige Rechnung liefert niedrigere Werte. Dies gilt auch, falls der Bodeneffekt nach ISO 9613-2, Abschnitt 7.3.1, berücksichtigt wird.

Bezüglich der höchsten Einzelschusspegel ist festzustellen, dass diese durch die Schüsse in der Zeile 1 der Tabelle 8.2.1 mit 150 dB bestimmt sind; der Geschossknall mit 139.7 dB erhöht den Pegel um weniger als 1 dB. Damit liegt der mittlere Schallleistungspegel der lautesten Einzelschüsse um 19 dB über dem mittleren Schalleistungspegel des Gesamt-Schießbetriebs von 132.2 dB(A). Der mittlere Spitzenpegel  $\bar{L}_{AFmax}$  der lautesten Schüsse liegt damit höchstens 19 dB über dem Pegel  $L_{m,r}$  der in Tabelle 8.2.3 angegebenen Werte. Damit ist sichergestellt, dass auch diese Einzelschusspegel das +30 dB-Kriterium des Abschnitts 2.3.3 nicht verletzen, d.h. auch die lautesten Einzelschusspegel tagsüber unter 85 dB(A) in der Nachbarschaft liegen.

### 8.3 Beispiel 3

Eine geschlossene Halle soll in einem Mischgebiet errichtet werden. Es handelt sich dabei um eine Stahlbetonkonstruktion mit einem Volumen von 6000 m<sup>3</sup> mit Zu- und Abluftschalldämpfern, wobei 50 % der Innenfläche mit absorbierendem Material ausgekleidet ist. Die Anlage ist auf 50 Schützen pro Stunde ausgelegt, wobei unterschiedliche Schießmöglichkeiten gegeben sind. Es stehen 10 Bahnen über 25 m zur Verfügung, die bis zu .357 Magnum (Gruppe 2 / 148 dB(A)) genutzt werden können. Des Weiteren sind 10 Bahnen über 50 m vorhanden. Dort wird mit Kleinkaliber Langwaffen (Gruppe 6 / 130 dB(A)) geschossen. In der Gruppe 2 ist von 400 Schüssen pro Stunde, in der Gruppe 6 von 250 Schüssen pro Stunde im ungünstigsten Betriebszustand, d.h. bei höchster Auslastung, auszugehen. Die Zufahrt zur Anlage erfolgt über eine Straße, an der von der Straßenmitte aus gesehen Wohnhäuser bis auf 7 m heranreichen. Der Parkplatz soll vor dem Gebäude liegen. Der Abstand zur Nachbarschaft beträgt 21 m. Die Anlage soll von 14 bis 24

Uhr genutzt werden. Sie ist vom Nachbarhaus 35 m entfernt.

Die kritische Beurteilungszeit ist die Nachtzeit. Dabei ist für die ungünstigste Nachtstunde mit mindestens 100 An- und Abfahrten zu rechnen, d.h. während der Nachtzeit zwischen 22 und 24 Uhr insgesamt mit ca. 200 Fahrten. Auf der Zufahrtstraße wird seitens der Stadt von einem DTV-Wert von 3000 Fahrzeugen pro Tag ausgegangen. Nach der Tabelle A der 16. BImSchV (Verkehrslärmschutzverordnung), Zeile 4, ist dann für die Nachtzeit von

33 Fahrzeugen

auszugehen. Die Pegelerhöhung des Straßenverkehrs  $\Delta L$  beträgt

$$\Delta L = 10 \log \left( \frac{M_z + M_i}{M_i} \right) = 10 \log \left( \frac{200 + 33}{33} \right) = 8.5 \text{ dB}$$

wobei  $M_i$  die Zahl der Fahrzeuge im Ist-Zustand nachts bezeichnet und  $M_z$  die Zahl der zusätzlichen Fahrzeuge.

Die 200 hinzukommenden Fahrten durch die geplante Anlage führen zu einer Pegelerhöhung des Straßenverkehrspegels, die über 3 dB liegt. Eine detaillierte Untersuchung ist daher erforderlich, um die Auswirkungen des zusätzlichen Verkehrslärms zu beurteilen.

Der Reflexionskorrekturfaktor  $R_C$  ergibt sich aus Gl.(4.3.4.1):

$$R_C = 10 \log \left( \frac{16000 \cdot (1 - 0.5)}{6000} \right) = 1.2 \text{ dB.}$$

Der in der Schießanlage entstehende Schalleistungspegel (Gruppe 4) pro Stunde kann mit

$$L_{w,1} = 148 + 10 \log 400 + 1.2 = 175.2 \text{ dB(A)}$$

$$L_{w,2} = 130 + 10 \log 250 + 1.2 = 155.2 \text{ dB(A)}$$

$$L_{w,s} = 10 \log (10^{17.72} + 10^{15.52}) = 177.2 \text{ dB(A)}$$

angesetzt werden.

Das mittlere bewertete Bauschalldämmmaß einer Wand- und Dachkonstruktion soll 52 dB betragen. Damit ergibt sich im ungünstigsten Fall ein nach außen abgestrahlter Schalleistungspegel nach Gl.(4.3.4.2) von

$$L_{w,a} = 175 - 52 = 125 \text{ dB(A).}$$

Dies entspricht einem nach außen in die Umgebung abgestrahlten bewerteten Schalleistungspegel der Mündungsknalle über eine Stunde von

$$L_{w,a} = 125 + 10 \log \frac{5}{3600} = 96.4 \text{ dB(A)}$$

Die Ausbreitungsrechnung für 35 m Entfernung

(Schießstand-Nachbarhaus) ergibt:

$$L_w = 96.4 \text{ dB(A)}$$

$$K_o = 3.0 \text{ dB}$$

$$A_{div} = -10 \log(4\pi \cdot 35^2) = -41.9 \text{ dB}$$

$$L_{m,r} = 57.5 \text{ dB(A)}$$

Die Luftabsorption etc. kann bei diesen Entfernungen vernachlässigt werden. Der Immissionspegel von 57.5 dB(A), der mit dem Beurteilungspegel gleichzusetzen ist, legt nahe, dass trotz des bewerteten Schalldämmmaßes des Gebäudes von 52 dB der Schießgeräusche zu einer Überschreitung des Richtwertes von 45 dB(A) nachts führt.

Es ist daher eine höhere mittlere Schalldämmung der Wand- und Dachkonstruktion vorzusehen. Ein bewertetes Bauschalldämmmaß von 68 dB wird mit einer 2 x 17,5 cm Kalksandsteinwand, die in der Mitte einen 3 cm breiten mit Mineralwolle gefüllten Spalt aufweist, erreicht. Das Dach wird in Stahlbeton 180 mm stark ausgeführt mit einem  $R_w$  von 57 dB. Da die Abstrahlung vom Dach nach VDI 2571 [20] mit 6 dB abgeschirmt erfolgt, kann von einem mittleren  $R'_w$  von 63 dB ausgegangen werden. Damit sind ca. 45 dB(A) nachts in der Nachbarschaft erreichbar. Da der Wert am Richtwert liegt, erscheint eine detaillierte Untersuchung angezeigt, insbesondere weil in dem obigen Wert für die lauteste Nachtstunde die 100 Parkvorgänge pro Stunde nicht enthalten sind, die nach der Parkplatzlärmstudie [21] zu einem Schalleistungspegel von

$$L_w = 65 + 10 \log M = 65 + 10 \log 100 = 65 + 20 = 85 \text{ dB(A)}$$

führen.

Bei einem Abstand von 21 m vom Parkplatz zum Nachbarhaus führt dies mit

$$L_w = 85.0 \text{ dB(A)}$$

$$K_o = 3.0 \text{ dB}$$

$$-10 \log(4\pi \cdot 21^2) = -37.4 \text{ dB}$$

$$L_{A,t} = 50.5 \text{ dB(A)}$$

zu einem Immissionspegel, der höher ist als der Immissionspegel der Schießgeräusche nach Verbesserung der mittleren Schalldämmung auf 67 dB. In der Summe für die lauteste Nachtstunde ergibt sich, da CMET für die geringen Abstände gleich 0 ist, ein maßgeblicher Wert des Beurteilungspegels von

$$L_{M,r} = 51.6 \text{ dB(A).}$$

Der Nachrichtwert von 45 dB(A) ist danach um 7 dB bei der überschlägigen Betrachtung inklusive der Annahme von hochdämmenden Außenbauelemen-



en überschritten.

Weiter kann anhand der 16. BImSchV [9] und deren Diagrammen abgeschätzt werden, dass 233 Fahrzeuge pro Nacht in ca. 7 m Abstand von der Straßenmitte zu einem Beurteilungspegel von über 51 dB(A) führen und somit der Grenzwert von 54 dB(A) für Mischgebiete nachts für Lärm aus dem öffentlichen Straßenverkehr nicht erreicht wird. Dies legt nahe, dass für die Realisierung des Projekts die Parkplatzfrage zu lösen ist und die vorgesehenen Schusszahlen in der höchsten Schalleistungsklasse näher einzugrenzen sind.

## 9 Literatur

- [1] Rekowski/Wolff, Geräuschmissionsprobleme und ihre Lösung im Schießstandbau, Schriftenreihe Sport- und Freizeitanlagen Berichte B2/79, Bundesinstitut für Sportwissenschaft
- [2] Richtlinien für die Errichtung, die Abnahme und das Betreiben von Schießständen (Schießstand-Richtlinie), Deutscher Schützenbund e.V. (DSchB), Wiesbaden, August 1995
- [3] Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundes-Immissionsschutzgesetz - BImSchG) in der Fassung vom 14. Mai 1990 (BGBl. I S. 880) zuletzt geändert am 19. Juli 1995 (BGBl. I S. 930)
- [4] 18. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes, Sportanlagenlärmschutzverordnung - 18. BImSchV, vom 18. Juli 1991
- [5] TA Lärm, Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm vom 26. August 1998, veröffentlicht im gemeinsamen Ministerialblatt Nr. 26 vom 28. August 1998
- [6] DIN 4109, Schallschutz im Hochbau, Beuth-Verlag, Berlin, November 1989
- [7] 4. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes, Verordnung über genehmigungsbedürftige Anlagen - 4. BImSchV, in der Fassung vom 26.10.1993 (BGBl. I S. 1782)
- [8] VDI 3745 Bl. 1, Beurteilung von Schießgeräuschmissionsen, Beuth-Verlag, Berlin, Mai 1993
- [9] 16. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes, Verkehrslärmschutzverordnung - 16. BImSchV, vom 12.06.1990 (BGBl. I S. 1096)
- [10] 24. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (24. BImSchV), Verkehrswege-Schallschutzmaßnahmenverordnung vom 04.02.1997 (BGBl. I S. 172)
- [11] Hessische Landesanstalt für Umwelt, Heft 227, Richtlinie zur Prognose von Schießgeräuschmissionsen, November 1996
- [12] Schießlärm-Modell SL-90, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL), 1996
- [13] Lothar Cremer, Helmut A. Müller, Die wissenschaftlichen Grundlagen der Raumakustik, Hirzel Verlag Stuttgart, 1978
- [14] Landesanstalt für Immissionsschutz Nordrhein-Westfalen, LIS-Berichte:  
Nr. 41, Über Möglichkeiten zur Verbesserung der Qualität von Schießgeräusch-Messungen im Immissionsbereich, 1983  
Nr. 50, Untersuchungen zu Schießgeräuschminderungen, dargestellt an Fallbeispielen, 1984  
Nr. 81, Untersuchungen zur Geräuschmission und -ausbreitung von Schussignalen bei Kleinkaliberschießständen, 1988  
Nr. 112, Bestimmung der Schallemission von 100-m-Schießständen, 1994
- [15] VDI 3723 Bl. 1, Anwendung statistischer Methoden bei der Kennzeichnung schwankender Geräuschmissionsen, Beuth-Verlag, Berlin, Mai 1993
- [16] VDI 2714, Schallausbreitung im Freien, Beuth-Verlag, Berlin, 1988
- [17] VDI 2720, Schallschutz durch Abschirmung im Freien, Beuth-Verlag, Berlin, Entwurf 1991
- [18] DIN 52210, Bauakustische Prüfungen, Luft- und Trittschalldämmung, Messverfahren, Beuth-Verlag, Berlin, August 1984
- [19] DIN 4102 Teil 1, Baustoffe, Beuth-Verlag, Berlin, Mai 1981
- [20] VDI 2571, Schallabstrahlung von Industriebauten, Beuth-Verlag, Berlin, August 1976
- [21] Parkplatzlärmstudie, Heft 89 der Schriftenreihe des Bayerischen Landesamtes für Umweltschutz, München, 1988
- [22] DIN 45641, Mittelung von Schallpegeln, Beuth-Verlag, Berlin, Juni 1990

- [23] Bekanntmachung des Bayerischen Staatsministeriums für Landesentwicklung und Umweltfragen vom 14.10. 1982, LUMB1 S. 108, Richtlinie für die Messung und Beurteilung von Schießgeräuschemissionen in der Nachbarschaft von Schießanlagen
- [24] DIN 45657, Schallpegelmesser, Zusatzanforderungen für besondere Messaufgaben, Beuth-Verlag, Berlin, Januar 1992
- [25] DIN 45645, Ermittlung von Beurteilungspegeln aus Messungen, Geräuschimmissionen in der Nachbarschaft, Beuth-Verlag, Berlin, Januar 1994
- [26] ISO 9613-2, Acoustics; attenuation of sound during propagation outdoors; part 2: general method of calculation, Beuth-Verlag, Berlin Entwurf April 1994
- [27] Kühner, D., Schallimmissionsprognose und Messung nach TA Lärm, Zeitschrift für Lärmbekämpfung 46 (1999) Nr. 2 - März

## **Anhang A.1**

### **Schalltechnische Grundlagen**





## A.1 Schalltechnische Grundlagen

Als Schall werden mechanische Schwingungen in Luft- und gasförmigen sowie flüssigen und festen Medien verstanden. Hier soll ausschließlich die Behandlung der Ausbreitungsprobleme in der Luft erfolgen.

### A.1.1 Frequenz, Wellenlänge, Fortpflanzungsgeschwindigkeit

Vom menschlichen Ohr werden Druckschwankungen im Frequenzbereich von etwa 16 Hz bis 16.000 Hz (Hz = Schwingung pro Sekunde) wahrgenommen. Der Hörbereich umfasst 10 Oktaven (1 Oktave = Verhältnis der Frequenzen von 2:1). In der Regel ist bei Schießgeräuschen der Frequenzbereich zwischen 50 Hz und 5.000 Hz maßgebend.

Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Schalls (Schallgeschwindigkeit) hängt wesentlich von der Temperatur ab. Für Luft ergibt sich bei 20 °C die Schallgeschwindigkeit  $c$  zu

$$c_{\text{Luft}} = [m/s]$$

Der Zusammenhang zwischen Schallgeschwindigkeit  $c$ , Frequenz  $f$  und der Wellenlänge  $\lambda$  ergibt sich aus

$$c = \lambda \cdot f [m/s]$$

Der hörbare Bereich von Schall umfasst Schallwellenlängen zwischen 0.02 m und ca. 21 m in der Luft.

### A.1.2 Schalldruck, Schalleistung

Unter Schalldruck versteht man durch Schall erzeugte Änderungen des Luftdruckes. Diese Druckschwankungen und die daraus resultierenden Teilchenbewegungen im Trägermedium pflanzen sich fort und sind dem stationären Luftdruck und der Bewegung des Mediums (z.B. durch Wind) überlagert. Der momentane lokale Schalldruck wird in  $N/m^2$  bzw. Pascal angegeben, die Teilchenbewegung, die mit „Schallschnelle“ bezeichnet wird, wird in  $m/s$  angegeben. Druckschwankungen, deren Amplituden bei ca.  $2 \cdot 10^{-5}$  [Pa] liegen, werden gerade noch wahrgenommen und als Hörschwelle bezeichnet. Die Grenze, ab der Schall als schmerzhaft empfunden wird, liegt bei ca.

$$200 [Pa].$$

Das menschliche Gehör erfasst daher Druckamplituden, die sich bis zu einem Faktor von 1.000.000 unterscheiden können.

Die Schalleistung bezeichnet die von einer Quelle pro Zeiteinheit abgestrahlte akustische Energie, die in Watt angegeben wird.

### A.1.3 Schallkenndaten und deren messtechnische Erfassung

#### A.1.3.1 Schalldruckpegel, Schalleistungspegel, Mittelungspegel

Schalldrücke und Schalleistungen werden durch zehnte Bel, d.h. Dezibel ausgedrückt. Dazu ist eine Bezugsgröße für den Schalldruck  $p_0$  und die Schalleistung  $W_0$  eingeführt worden:

$$\text{Bezugsschalldruck } p_0 = 2 \cdot 10^{-5} [Pa]$$

$$\text{Bezugs-Schalleistung } W_0 = 10^{-12} [W]$$

Der mittlere quadratische Schalldruck  $\tilde{p}^2$  wird als Schalldruckpegel  $L$  in dB und die Schalleistung  $W$  wird als Schalleistungspegel  $L_w$  ebenfalls in dB angegeben und errechnen sich wie folgt:

$$\text{Schalldruckpegel } L_p = 10 \log \frac{\tilde{p}^2}{p_0^2} [dB] \quad \text{Gl.(A.1.3.1.1)}$$

$$\text{Schalleistungspegel } L_w = 10 \log \frac{\tilde{W}}{W_0} [dB] \quad \text{Gl.(A.1.3.1.2)}$$

Wobei  $\tilde{p}$  der Effektivwert des Schalldrucks und  $\tilde{W}$  der Effektivwert der Leistung ist.

Eine Verdopplung der Schalleistung entspricht einer 3-dB-Erhöhung des Schalleistungspegels.

Eine Verdopplung des Schalldrucks ergibt einen um 6 dB höheren Schalldruckpegel. Der 10-fache Druck ergibt eine Erhöhung des Schalldruckpegels um 20 dB, der 100-fache um 40 dB. Typische Werte für gemessene Schalldruckpegel und Schalldrücke sind in Tabelle A.1.3.1.1 wiedergegeben.

Unter Mittelungspegel nach DIN 45641 [23] versteht man den Pegel, der mit einem zeitlich sich ändernden Pegel über eine bestimmte Zeit  $T$  nach der folgenden Gleichung äquivalent ist

$$L_{eq} = 10 \log \frac{1}{T} \int_0^T \frac{p(t)^2}{p_0^2} dt \quad \text{Gl.(A.1.3.1.3)}$$

bzw.

$$L_{eq} = 10 \log \frac{1}{T} \int_0^T 10^{0,1 L_p(t)} dt \quad \text{Gl.(A.1.3.1.4)}$$

Der Pegel  $L_{eq}$  wird auch als äquivalenter Dauer-schallpegel bezeichnet, auch ist die Abkürzung  $L_m$  gebräuchlich.

Tab. A.1.3.1.1: Zusammenhang zwischen Schalldruck und Schalldruckpegel

Schalldruck-Pegel L DB(A)	Schalldruck N / m <sup>2</sup>	Charakteristisches Geräusch
140	$2,0 \times 10^2$	Strahldüse
130	$6,3 \times 10^1$	Turbodüse
120	$2,0 \times 10^1$	Schmerzschwelle
110	$6,3 \times 10^0$	Kesselschmiede
100	$2,0 \times 10^0$	Presslufthammer
90	$6,3 \times 10^{-1}$	Großes Orchester
80	$2,0 \times 10^{-1}$	Lüfterraum/Werkstatt
70	$6,3 \times 10^{-2}$	Gaststube
60	$2,0 \times 10^{-2}$	laute Unterhaltung
50	$6,3 \times 10^{-3}$	wenig befahrene Wohnstraße
40	$2,0 \times 10^{-3}$	leise Unterhaltung
30	$6,3 \times 10^{-4}$	ruhige Wohnung
20	$2,0 \times 10^{-4}$	leichtes Blätterrauschen
10	$6,3 \times 10^{-5}$	Luftzug
0	$2,0 \times 10^{-5}$	Hörschwelle

### A.1.3.2 Messung

Schall kann mit Hilfe eines Schallpegelmessers, wie er in Abbildung A.1.3.2.1 dargestellt ist, gemessen werden. Dabei wird in der Regel ein 1/2"-Mikrofon eingesetzt, dessen Messbereich zwischen 1 und 20

kHz liegt. Das Signal wird verstärkt und anschließend, je nach Fragestellung, gefiltert, der effektive Wert bestimmt und logarithmiert. Das Signal kann entweder über ein Zeigerinstrument oder digital nach einer Zeitbewertung angezeigt werden.

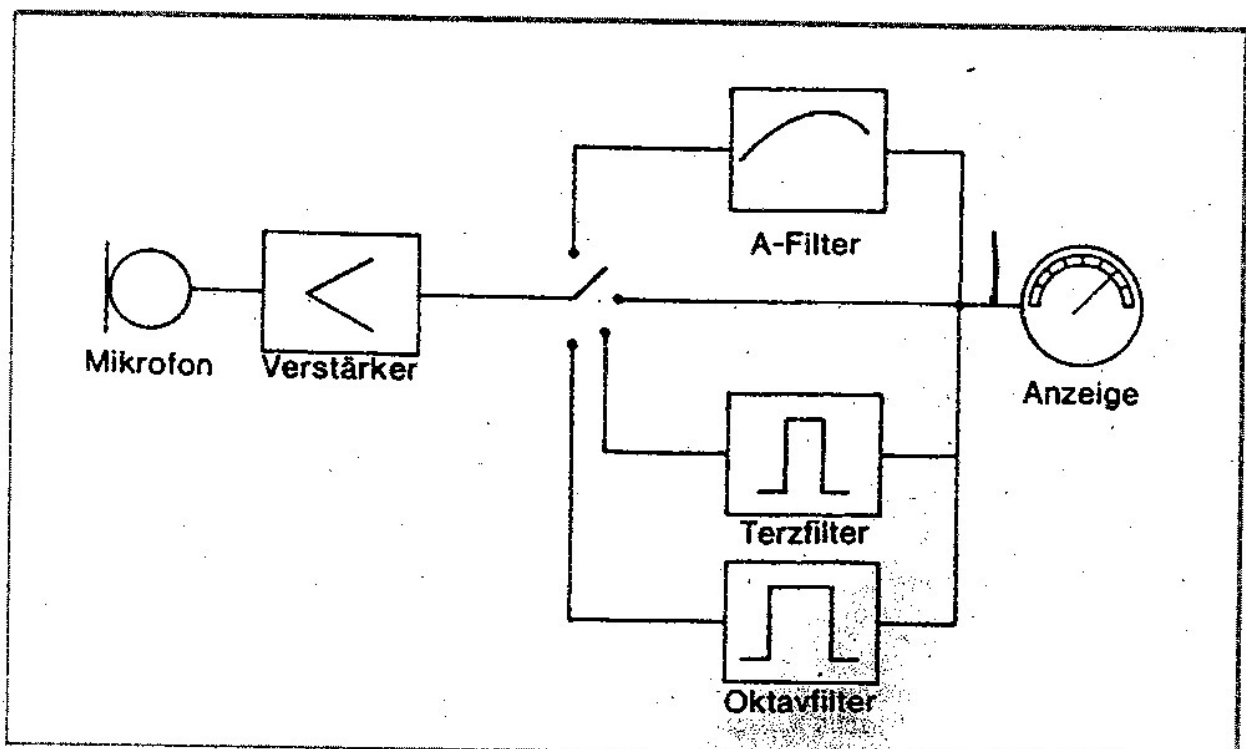


Abb. A.1.3.2.1: Prinzipschaltung eines Schallpegelmessers

Bei Schießgeräuschen wird A-bewertet gemessen. Die A-Bewertung berücksichtigt die Abhängigkeit der empfundenen Lautheit von der Frequenz des Schalls. Bei gleichem physikalischen Schalldruckpegel werden tiefe und hohe Töne weniger laut empfunden als solche zwischen 1 und 4 kHz. Diese Eigenschaft des menschlichen Gehörs wird grob durch die in Abbildung A.1.3.2.2 dargestellte Bewertungskurve dargestellt. Wird mit dem A-Filter gemessen, bezeichnet man den resultierenden

Pegel als A-bewertet. Dies wird häufig durch den Index „A“ an der Bezeichnung für den Pegel „L“ angedeutet oder durch die Angabe „dB(A)“ oder „dBA“. Die A-Kurve führt bei Pegeln, wie sie in Schießständen oder deren unmittelbar angrenzenden Umgebung auftreten, zu einer Unterschätzung der empfundenen Lautheit. Bei Pegeln über 80 dB ist die C-Bewertung geeigneter. Im Immissionsbereich wird stets die A-Bewertung verwendet.

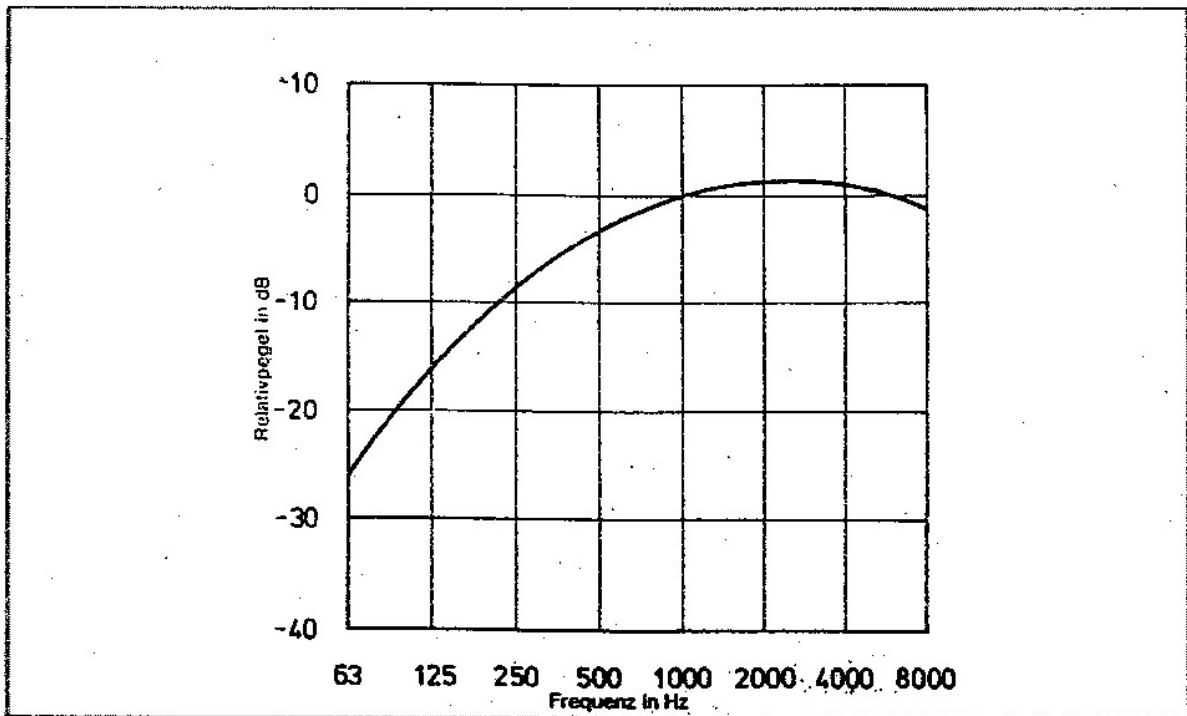


Abb. A.1.3.2.2: Bewertungskurve A in Abhängigkeit von der Frequenz

Im Bereich des militärischen Schießgeräusches wird mit C-Bewertung oder ohne Filter mit einem linearen Frequenzgang gemessen. Man deutet das letztere durch den Index „lin“ an.

Um die Frequenzzusammensetzung eines Schießereignisses zu erhalten, kann ein Terz- oder Oktavfilter zugeschaltet oder auch eine schmalbandige Frequenzanalyse vorgenommen werden.

Bei den Oktavpegeln unterscheiden sich die Bandmittelfrequenzen um den Faktor 2, wobei von 1000 Hz ausgegangen wird. Bei den Terzen unterscheiden sich die Frequenzen um  $\sqrt[3]{2}$ . Für praktische Anwendungen sind Oktavpegel ausreichend. Es sei darauf verwiesen, dass Frequenzanalysen von Schießgeräuschen aus

grundsätzlichen physikalischen Gründen nur als Mittelwerte über viele Schießereignisse eine sinnvolle Aussage liefern können.

### A.1.3.3 Anzeigart

Der mittlere quadratische Schalldruck ist, wie der Gl.(A.1.3.1.1) entnommen werden kann, ein Effektivwert, der durch Gleichrichtung und Mittelung gebildet wird. Der Momentanwert und damit insbesondere der Pegelmaximalwert eines Schusses hängt von der Mittelungszeit  $\tau$  ab. Es sind mehrere Mittelungszeiten eingeführt, die durch die Mechanik von Zeigerinstrumenten in der Vergangenheit realisiert wurden. Daher wird zur Unterscheidung der Mittelungsdauer von unterschiedlichen Anzeigarten gesprochen:

Tab. A.1.3.3.1: Verzeichnis der Anzeigearten und der Abkürzungen

Anzeigeart	Integrationszeit	Abkürzung
Langsam (slow)	$\tau = 1 \text{ s}$	S
Schnell (fast)	$\tau = 0.125 \text{ s}$	F
Impuls (impuls)	$\tau = 0.035 \text{ s / und } 1.5 \text{ s}$	I
Taktverfahren	$\tau = 0.125 \text{ s, T} = 5 \text{ s}$	T

wobei bei der Anzeigeart „Impuls“ bei ansteigendem Schalldruck  $\tau = 0.035 \text{ s}$  gilt und beim abklingenden  $\tau = 1.5 \text{ s}$ . Damit wird bei impulshaltigen Geräuschen, die auffälliger sind als nicht impulshaltige Geräusche, durch eine höhere Pegelanzeige der höhere Störungsgrad beschrieben. Ein weiteres Verfahren zur Bewertung von Impulsen ist das 5-s-Taktmaximalpegelverfahren. Dabei wird in der Zeitbewertung „F“ der Maximalpegel aus 5 s bestimmt und mit dem Pegel über diese 5 Sekunden gleichgesetzt.

Nach VDI 3745 [8] ist der  $L_{AFmax}$  die Beschreibungsgröße für einen Schuss. Weiter wird Schießgeräusch auch durch den  $L_{AI_{max}}$  gekennzeichnet [23].

Die Bezeichnung der Pegel erfolgt durch entsprechende Indizes:

$L_{AF}, L_{AI}, L_{AFmax}, L_{AIT5s}, L_{AIT5s}$  etc.

Nach VDI 3745 [8] ist bei der Messung ein Schallpegelmessgerät nach DIN IEC 651 Klasse 1 zu verwenden, der auch die Zusatzanforderungen für die Zeitbewertung F nach DIN 45657 [24] erfüllt.

#### A.1.3.4 Zuschläge

In der Akustik werden bei der Beurteilung des möglichen Störcharakters eines Geräusches Zuschläge für Tonalität, Informationshaltigkeit, Impulse oder auffällige Pegeländerungen erteilt. Diese Zuschläge sind je nach den anzuwendenden Regelungen unterschiedlich.

Der Impulszuschlag beträgt nach VDI 3745 [8] formal 16 dB, defacto jedoch, wenn von der Definition nach DIN 45645 Teil 1 [25] ausgegangen wird, höchstens 12 dB. Das jeweils anzuwendende Verfahren zur Bestimmung des Zuschlags findet sich in den Abschnitten 3.1 bzw. 3.2.

## **Anhang A.2**

**Klassierung des Systems Waffe/Munition  
für den Mündungsknall anhand  
gemessener Beispiele**





## A.2 Klassierung des Systems Waffe/Munition für den Mündungsknall anhand gemessener Beispiele

Die von Waffen und Munition erzeugten Mündungsknalle überdecken einen weiten Bereich von 95 bis 150 dB(A) Schalleistungspegel. Bei einer Klassierung in 5-dB-Bereiche ergeben sich 12 Gruppen. In Tabelle A.2.2 sind gemessene Beispiele und Beispiele aus der Literatur für Langwaffen und in Tabelle A.2.1 für Kurzwaffen zusammengestellt.

In der Tabelle A.2.1 für Kurzwaffen sind Werte aus [11] übernommen. Beispielsweise ist die Kurzwaffe 9 mm Para in die Gruppen 3 und 4 einsortiert. Die Daten aus [11] stammen teilweise aus neueren Messungen und teilweise aus älteren Literaturwerken. Die unterschiedlichen Ansätze dürften die Ursache für die beachtlichen Streuungen sein. Bei der Übernahme der Daten wird empfohlen, entwe-

der auf Messwerte für die Waffen und die jeweilige Munition zurückzugreifen, oder sich an den mittleren Einordnungen zu orientieren.

Für Flinten können die tabellierten Werte übernommen werden. Für Munition und Waffen, die in den Tabellen A.2.1 und A.2.2 nicht explizit genannt sind, kann anhand der Gl. 4.1.1 der Schalleistungspegel abgeschätzt und das System in einer der 12 Klassen ohne neuerliche Messung eingesetzt werden.

Die tabellierten Werte, die mit „Messung“ gekennzeichnet sind, sind messtechnisch für drei unterschiedliche Schießstände gemessen und gemittelt worden. Bei den Messungen wurde außerhalb des Schießstandes an drei Stellen gleichzeitig gemessen und anhand der in Abschnitt 4.3 angegebenen Korrekturen mit einem digitalen Modell des jeweiligen Schießstandes der Schalleistungspegel berechnet und gemittelt.

Tab. A.2.1: Zusammenfassung der Schalleistungspegel des Mündungsknalls von Kurzwaffen in 5-dB-Gruppen; soweit nicht anders angegeben gemessen in 3 verschiedenen Ständen  
(V) = Vollmantelgeschoss, (P) = Plastikmantelgeschoss

Gruppe	Kaliber	Lauf- länge* m	Masse g	mittlere Geschwin- digkeit $V_0$ m/s	Ge- schoss- Energie $E_0$ J	Schalleistungspegel		Quelle		
						Mündung $L_w$ dB(A)	Ge- schoss $L_{w, 0m}$ dB(A)/m			
1 > 152.5 dB(A)		0.15			> 7000					
2 < 152.5 dB(A) > 147.2 dB(A)	.357 Magnum	0.15			1010	148		[11]		
3 < 147.5 dB(A) > 142.5 dB(A)	.357 Magnum	0.15	10.20	376	721	147	102	Messung		
	7.65 mm	0.08	4.70	269	170	146		[11]		
	.44 Magnum	0.15			1229	145		[11]		
	.357 Magnum	0.15			772	144		[11]		
	.357 Magnum	0.15			780	143		[11]		
9 mm Parabellum	0.115			284	143	[11]				
4 < 142.5 dB(A) > 137.5 dB(A)	9 mm Luger (P)	0.13	0.40	813	132	142	122	Messung		
	.44 Magnum	0.15			593	141		[11]		
	.38 Special	0.15			363	141		[11]		
	9 mm Luger (V)	0.13	8.00	321	412	141		94	Messung	
	.38 Special (V)	0.15	10.20	277	391	141		94	Messung	
	45 ACP	0.125			485	140			[11]	
	9 mm Parabellum	0.112				140			[11]	
	.38 Special	0.05			239	140			[11]	
	.38 Special	0.05			345	140			[11]	
	45 ACP	0.125			337	139			[11]	
	45 ACP	0.125			444	139			[11]	
	.38 Special	0.05			254	139			[11]	
	.38 Special (P)	0.15	0.40	602	72	139			115	Messung
	.38 Special	0.15			363	138			[11]	
	.38 Special	0.15			331	138			[11]	
.38 Special	0.15			423	138		[11]			
9 mm Parabellum	0.115			496	138		[11]			
9 mm Parabellum	0.115			483	138		[11]			
9 mm Parabellum	0.115			374	138		[11]			
5 < 137.5 dB(A) > 132.5 dB(A)	7.65 mm	0.085			190	136		[11]		
	.38 Special	0.15			337	136		[11]		
	.38 Special	0.15			239	133		[11]		
6 < 132.5 dB(A) > 127.5 dB(A)	.22 lfb Standard	0.115			284	132		[11]		
	.22 lfb Standard	0.11	2.60	274	98	131		[11]		
	.22 lfb Standard	0.11			197	130		Messung		
.32 S&W	0.15						[11]			
7 < 127.5 dB(A) > 122.5 dB(A)	Schnellfeuerpistole 5.6mm	0.14			7	125		[11]		
8 < 122.5 dB(A) > 117.5 dB(A)	***	0.14			2					
9 < 117.5 dB(A) > 112.5 dB(A)	***	0.14			0.7					
10 < 112.5 dB(A) > 107.5 dB(A)	***	0.14			0.2					
11 < 107.5 dB(A) > 102.5 dB(A)	***	0.14			0.07					
12 < 102.5 dB(A)	Luftpistole 4.5mm	0.14			0.02	93		[1]		

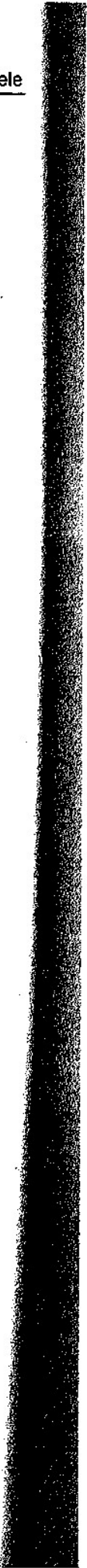
\* mittlere Lauflänge      \*\*\* keine Messungen / Angaben verfügbar

Tab. A.2.2: Zusammenfassung der Schalleistungspegel des Mündungsknalls von Langwaffen in 5-dB-Gruppen; soweit nicht anders angegeben gemessen in 3 verschiedenen Ständen Büchse (B) und Flinte (F)

Gruppe	Kaliber	Waf-fer- typ	Lauf- länge* m	Masse g	mittlere Geschwin- digkeit $V_0$ m/s	Ge- schoss- Energie $E_0$ J	Schalleistungspegel		Quelle
							Mündung $L_w$ dB(A)	Ge- schoss $L_{w,0m}$ dB(A)/m	
1 > 152,5 dB(A)		B	0,65			< 20000			
2 < 152,5 dB(A) > 147,2 dB(A)	8X68 S	B	0,65			5735	150		[11]
	7X64	B	0,65			4061	149		
	Stgw 57	B				3250	148		
3 < 147,5 dB(A) > 142,5 dB(A)	.308 Win	B	0,60			3513	147		[11]
	.30-06	B					147		[11]
	.243 Win	B					147		[11]
	8X68	B	0,68	11,70	903	4770	146	125	Messung
	8X68	B	0,68	14,50	811	4768	146	122	Messung
	.223 Rem.	B					146		[11]
	8X57 JS	B	0,68	12,00	769	3548	145	121	Messung
	.308 Win	B	0,58	12,30	704	3048	145	119	Messung
	.308 Win	B	0,89			3502	145		[11]
	NATO G3	B	0,762			3600	145		[11]
	.243 Win	B	0,60	6,50	855	2376	144	124	Messung
.308 Win	B	0,69			3966	144		[11]	
AK 4	B	0,762			3600	143		[11]	
4 < 142,5 dB(A) > 137,5 dB(A)	5.6X50 R Magnum	B	0,60	4,10	874	1586	142	124	Messung
	.222 Rem.	B	0,58	3,24	961	1496	142	127	Messung
	.222 Rem.	B	0,58	3,24	961	1496	142	127	Messung
	Streu 39, 12/76	F	0,78	39,00	400	3120	139		Messung
	Supertrap 24, 12/67,5	F	0,78	24,00	400	2117	139		Messung
	.22 Hornet	B	0,60	3,00	664	661	138	117	Messung
	Streu 27, 16/70	F	0,78	27,00	400	2160	138		Messung
	Trap 24, 12/67,5	F	0,78	24,00	400	2240	138		Messung
	Trap 28, 12/67,5, 2,4mm	F	0,78	28,00	400	1920	138		Messung
5 < 137,5 dB(A) > 132,5 dB(A)	.22 Hornet	B	0,60			824	137		[11]
	Trap Spec., 12/70	F				2240	137		[11]
	div. Flinten	F					137		[11]
	Trap 30, 12/70	F	0,78	30,00	400	2400	135		Messung
	Streu 28, 12/67,5, 2mm	F	0,78	28,00	400	2240	134		Messung
	Subsonic 28, 12/67,5, 2,4mm	F	0,78	28,00	330	1525	134		Messung
	Subsonic 28, 16/70	F	0,78	28,00	330	1525	133		Messung
Trap 27, 16/70	F	0,78	27,00	400	2160	133		Messung	
6 < 132,5 dB(A) > 127,5 dB(A)	Vorderlader	B	0,82	3,29	352	204	132	101	Messung
	.22 lfb Standard, lang	B	0,63	2,60	318	131	131	98	Messung
	Subsonic 28, 12/67,5, 2mm	F	0,78	28,00	330	1525	131		Messung
7 < 127,5 dB(A) > 122,5 dB(A)	Scheibengewehr 5,6mm	B	0,63			< 200	125		[11]
8 < 122,5 dB(A) > 117,5 dB(A)									
9 < 117,5 dB(A) > 112,5 dB(A)	Anschütz .22 lfb	B	0,66			139	114		[11]
	KK-Gewehr .22 lfb	B	0,66			139	112		[11]
10 < 112,5 dB(A) > 107,5 dB(A)	***	B	0,63						
11 < 107,5 dB(A) > 102,5 dB(A)	***	B	0,63						
12 < 102,5 dB(A)	Luftgewehr 4,5mm	B	0,63				92		[1]

\* mittlere Lauflänge

\*\*\* keine Messungen / Angaben verfügbar



## **Anhang A.3**

**Schallausbreitung nach ISO 9613-2 [26]**





### 3 Schallausbreitung nach ISO 9613-2 [26]

Die in Gl.(5.2.1.1) genannten Größen sind wie folgt definiert:

#### A.3.1 Richtwirkungsmaß, Raumwinkelmaß

Das Richtwirkungsmaß  $D_C$  gibt an, um wieviel dB der Schalldruckpegel der Schallquelle in der betrachteten Ausbreitungsrichtung höher oder niedriger ist als der einer ungerichteten Schallquelle gleicher Schalleistung in gleichem Abstand. Wie im Abschnitt 4 dargestellt, kann die Richtwirkung des Mündungsknalls durch

$$D_C = 7 \cdot \cos \varphi$$

beschrieben werden.

Für Schießgeräusche ist das Raumwinkelmaß, da die Quelle des Mündungs- und Geschosknalles bodennahe ist, in der Regel

$$D_C = 3 \text{ dB.}$$

Sind senkrechte Flächen vorhanden, die den Schall reflektieren können, so sind diese durch Ansetzen von Spiegelschallquellen zu berücksichtigen, wie dies z.B. bei Blenden, die nicht reflektierend verkleidet sind, erforderlich ist. Die durch den Schützenstand erzeugten Reflexionen sind durch den Reflexionskorrekturfaktor C erfasst. Dies beinhaltet keine Reflexionen an Blenden oder den Seitenwänden entlang der Schießbahnen.

#### A.3.2 Abstandsmaß

Das Abstandsmaß  $A_{div}$  ergibt sich bei der Entfernung  $S_m$  aus der Kugelwellenbetrachtung zu

Gl.(A.3.2.1)

$$A_{div} = 10 \lg \left( 4\pi s_m^2 / s_o^2 \right) \text{ dB} = [20 \lg s_m / s_o + 11] \text{ dB}$$

mit  $S_o = 1 \text{ m}$ .

Anmerkung: In der Richtlinie VDI 2571 „Schallabstrahlung von Industriebauten“ [20] wird das Raumwinkelmaß auf den Winkel  $2\pi$  anstelle von  $4\pi$  bezogen, so dass das Abstandsmaß  $A_{div}$  dort um 3 dB niedriger ist.

#### A.3.3 Luftabsorptionsmaß

Für Schießgeräusche kann im vereinfachten Rechenverfahren die Pegelreduzierung durch Absorption in der Luft mit

$$\text{Gl.(A.3.3.1)} \quad A_{lm} = 0.002 \cdot S_m \quad \text{dB}$$

angesetzt werden. Bei Entfernungen über 1000 m können auch höhere Werte für die Luftabsorption

angesetzt werden, die jedoch nicht über  $0.004 \text{ m}^{-1}$  liegen sollten.

#### A.3.4 Boden- und Meteorologiedämpfungsmaß

Die durch das Zusammenwirken von Wind- und Temperaturschichtung in der Atmosphäre hervorgerufene Krümmung der Schallstrahlen und deren Reflexion am Boden bewirken eine mittlere Dämpfung, die in dem Boden- und Meteorologiedämpfungsmaß  $A_{gr}$  zusammengefasst wird. Im Rahmen der hier vorliegenden Anwendungen wird die alternative Methode nach ISO 9613-2 Abschnitt 7.3.2 empfohlen. Dort ist  $A_{gr}$  wie folgt definiert:

$$\text{Gl.(A.3.4.1)} \quad A_{gr} = \left[ 4.8 - \frac{2h_m}{s_m} \left( 17 + \frac{300}{s_m} \right) \right] > 0 \text{ dB}$$

mit  $h_m$  als der mittleren Höhe über Grund. Negative Rechenwerte werden gleich null gesetzt. Das Bodenmeteorologiemass  $A_{gr}$  kann sehr starken Schwankungen unterworfen sein. In der Regel liegt für die Mitwindsituation (Windrichtung  $\pm 45^\circ$  zur Verbindungslinie Quelle-Aufpunkt) das  $D_{BM}$  in der obigen Größenordnung. Bei Abweichungen davon oder starker Sonneneinstrahlung können erhebliche Abweichungen nach unten eintreten, d.h. die Zusatzdämpfung wird erheblich größer. Bei der Anwendung der obigen Formel ist von  $K_o = 3$  auszugehen.

#### A.3.5 Bewuchsdämpfungsmaß

Streuungen des Schalls an Stämmen, Ästen und Blättern in Verbindung mit Absorption durch aufgelockerten Boden bewirken eine für Vegetation typische Zusatzdämpfung:

$$\text{Gl.(A.3.5.1)} \quad A_{bew} = 0.05 S_m \quad \text{dB}$$

wobei die Absorptionswirkung auf  $s_D \leq 200 \text{ m}$  begrenzt ist (siehe VDI 2714 [16]).

#### A.3.6 Pegelminderung durch Hindernisse

Hindernisse, die die Sichtverbindung zwischen der Schallquelle und dem Aufpunkt unterbrechen, können zu Pegelminderungen nach VDI 2720 [17] in der folgenden Größe führen:

$$\text{Gl.(A.3.6.1)} \quad A_{bar} = 10 \lg \left( 3 + \frac{f}{170} \cdot Z \cdot K_w \right) - A_{gr} \quad \text{dB}$$

wobei Z der akustische Umweg ist, f die Frequenz und  $K_w$  der Korrekturfaktor für Witterungseinflüsse. Die vereinfachte Berechnung erfolgt mit  $f = 500 \text{ Hz}$ . Der akustische Umweg ist durch

$$\text{Gl.(A.3.6.2)} \quad Z = a_A + a_Q - s_m \quad \text{m}$$

definiert, wobei  $s_m$  der Abstand Quelle-Aufpunkt,  $a_A$  der Abstand Schirmoberkante-Aufpunkt und  $a_Q$  der Abstand Quelle-Schirmoberkante darstellt (Abb. A.3.6.1). Der Korrekturfaktor  $K_w$  errechnet sich aus

$$\text{Gl. (A.3.6.3)} \quad K_w = e^{-\frac{1}{s_w} \sqrt{\frac{a_Q \cdot a_A \cdot s_m}{2 \cdot Z}}}$$

mit  $s_w = 2000$  für eine mittlere Mitwindwetterlage.

Die Abhängigkeit der Schallimmission von der Richtung zu teilumgeschlossenen Schießständen wird im wesentlichen durch Abschirmung des Mündungs- und Geschosknalls bewirkt. Der Faktor  $K_w$  bewirkt, dass mit zunehmender Entfernung die Abschirmwirkung sich reduziert bzw. ganz verschwindet.

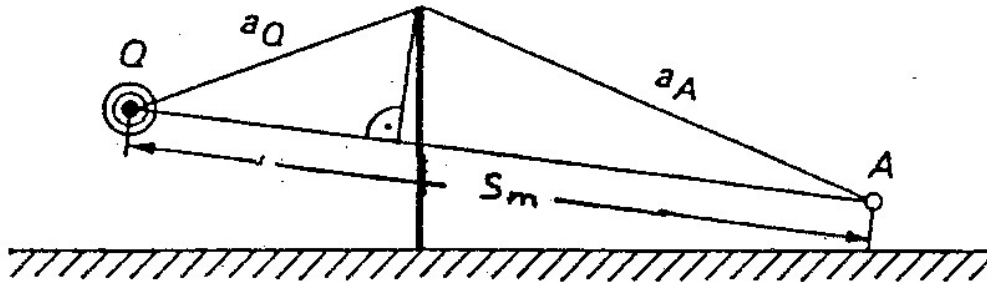


Abb. A.3.6.1: Geometrische Größen für die Einfachbeugung eines Schallstrahls

### A.3.7 Schallabstrahlung von Gebäuden

Die Abstrahlung von Schall von Gebäuden wird in der VDI 2571 [20] detailliert beschrieben. Es wird dringend empfohlen, die Abstrahlung von Gebäude-dächern nur dann mit

$$D_C = -5 \text{ [dB]}$$

zu rechnen, wenn die Dachkante zum Aufpunkt eine deutliche Abschirmung erwarten lässt. Ansonsten wird empfohlen, mit  $D_C = 0$  zu rechnen oder gegebenenfalls die Dachkante bzw. den First als Schirmkante zu betrachten.

Bei der Errichtung von geschlossenen Gebäuden für Schießstände wird empfohlen, nur solche Materialien zu verwenden, die im tieffrequenten Frequenzbereich keine Einbrüche aufweisen.

Weiter ist bei einer gemeinsamen Unterbringung von Schießstand und Wohnnutzung im gleichen Gebäude auf eine entsprechende Körperschallisolation zu achten, da in der Regel bewertete Bauschalldämmmaße von mehr als 70 dB erreicht werden müssen, um die Immissionsrichtwerte für Innenräume nach der Sportanlagenlärmschutzverordnung [4] zu erreichen (siehe Abschnitt 2.2).



**Bundesinstitut für Sportwissenschaft (BISp)**

Graurheindorfer Straße 198, 53117 Bonn, Postfach 170148, 53029 Bonn  
Telefon 018 88/640-0, Telefax 018 88/640 90 07  
e-mail: [info@bisp.de](mailto:info@bisp.de) — [http:// www.bisp.de](http://www.bisp.de)