

Fachhochschule Gießen-Friedberg

Bereich Friedberg

Fachbereich Elektrotechnik II

**Erproben einer Richtlinie zur Prognose von
Schießgeräuschimmissionen**

Diplomarbeit

Markus Riedel

November 1997

Fachhochschule Gießen-Friedberg
Bereich Friedberg
Fachbereich Elektrotechnik II

**Erproben einer Richtlinie zur Prognose von
Schießgeräuschimmissionen**

Diplomarbeit

Markus Riedel

November 1997

Referent: Prof. Dr. Manfred Merkel
Korreferent: Prof. Dr. Karl Ruckelshaußen
Betreuer: Ing. (grad.) Walter Freudenstein

Durchgeführt bei der Hessischen Landesanstalt für Umwelt in Kassel

Markus Riedel
Am Rückersberg 37
63571 Gelnhausen

1 Einleitung

1.1 Danksagung	1
1.2 Eidesstattliche Erklärung.....	2
1.3 Aufgabenstellung	3
1.4 Begriffliche Grundlagen	5
1.4.1 Der Pegel	6
1.4.2 Das Richtwirkungsmaß DI	6
1.4.3 Das Raumwinkelmaß K_0	7
1.4.4 Das Abstandsmaß D_S	8
1.4.5 Das Luftabsorptionsmaß D_L	8
1.4.6 Das Boden- und Meteorologiedämpfungsmaß D_{BM}	9
1.4.7 Das Einfügungsdämpfungsmaß D_e	10

2 Die Emissionsmessung

2.1 Der Meßort	11
2.2 Die Messung	11
2.3 Die Meßgeräte	12
2.4 Die Mittelung der Schalldruckpegel L_{j,n,Φ_x}	13
2.5 Der Schalleistungspegel $L_{W,j,m}$ der Waffe für die Frequenz j	13
2.6 Das Frequenzspektrum.....	15
2.7 Der Gesamtschalleistungspegel $L_{W,m}$ des Mündungsknalls.....	16
2.8 Das Gewichtsmaß g und das Richtwirkungsmaß $DI(\Phi)$	17
2.9 Rechenbeispiel.....	19
2.10 Die zweite Messung.....	20
2.10.1 Der Einfluß der Schützenposition.....	23
2.10.2 Der Einfluß des Waffentyps.....	23
2.10.3 Der Einfluß der Munition	24
2.10.4 Genauigkeit der Richtcharakteristik.....	25
2.11 Erfahrungswerte	27
2.12 Ergebnisse der Emissionsmessungen.....	28

3 Messung der Schießimmission

3.1 Die Auswahl der Schießanlage.....	31
3.2 Örtliche Situation	32
3.3 Die Auswahl der Waffen und Munition.....	33
3.4 Der Schreckschußrevolver	34
3.5 Die Meßgeräte	34
3.6 Die Messung	35
3.7 Die Immissionssituation	36
3.7.1 Meteorologische Einflußgrößen.....	36
3.8 Prognose der Schießgeräuschimmissionen	38
3.8.1 Getrennte Angaben für Waffen, Munition und Schießstand	38
3.8.2 Zusammenfassende Angaben für Waffen, Munition und Schießstand.....	39
3.8.3 Vereinfachtes Verfahren ohne Richtwirkungsmaß	42

4 Schlußbetrachtung

4.1 Die Richtcharakteristik der Waffen.....	45
4.2 Die Schalleistung der Waffen	46
4.3 Emissionswerte.....	46
4.4 Erfahrungswerte.....	47
4.5 Der Schreckschußrevolver	47
4.6 Getrennte Angaben für Waffen, Munition und Schießstand	48
4.7 Zusammenfassende Angaben für Waffen, Munition und Schießstand .	48
4.8 Vereinfachtes Verfahren ohne Richtwirkungsmaß	51
4.9 Rechenbeispiele	53

Literaturnachweis.....	115
------------------------	-----

Legende.....	116
--------------	-----

Inhaltsverzeichnis

Anhang 1 - 3	Die gemittelten Einzelschußpegel $L_{j,\Phi,x}$	55
Anhang 4	Bestimmung des Gesamtschalleistungspegel $L_{W,m}$	58
Anhang 5 - 7	Die Frequenzspektren der untersuchten Waffen.....	59
Anhang 8 - 10	Die Richtcharakteristik der untersuchten Waffen.....	62
Anhang 11 - 30	Die gemittelten Einzelschußpegel der zweiten Messung.	65
Anhang 31 - 34	Frequenzspektren : Vergleich liegend und stehend.....	85
Anhang 35 - 36	Frequenzspektren : Vergleich der Kaliber .38 und .357..	89
Anhang 37 - 42	Frequenzspektren : Vergleich der Munition.....	91
Anhang 43	Richtwirkungsmaß : Vergleich Meß- mit Rechenwerten..	97
Anhang 44	Emissionskenngrößen der untersuchten Waffen.....	98
Anhang 45	Vergleich der Erfahrungswerte mit den Meßwerten.....	99
Anhang 46	Grundrißplan der Schießanlage Homberg.....	100
Anhang 47	Landkarte mit Höhenlinien (Maßstab 1: 10.000).....	101
Anhang 48 - 59	Immissionswerte der vier Meßstrahlen.....	102
Anhang 60	Emissionswerte der Waffenstände.....	114

1.1 Danksagung

Diese Arbeit wurde bei der Hessischen Landesanstalt für Umwelt in Kassel durchgeführt und vom Dezernent, Herrn Freudenstein, ermöglicht.

Ihm gilt mein besonderer Dank für die Ermöglichung und Betreuung der Arbeit. Ferner gilt mein Dank Herrn Danz und Herrn Heerdt von der Hessischen Landesanstalt für Umwelt in Kassel für Ihre Unterstützung und den wertvollen Hinweisen während dieser Arbeit.

Herrn Aichroth, Vorsitzender des Schützenvereins Homberg 1862 e.V. , und den Mitglieder des Schützenvereins sei für die Bereitstellung und Handhabung der Waffen herzlich gedankt.

Dank ebenso Herrn Hentschel vom Umweltamt Wiesbaden für die Unterstützung bei den Messungen.

Herrn Professor Dr. Merkel gilt mein Dank für die gute Betreuung während der Durchführung der Arbeit. Bedanken möchte ich mich auch bei Herrn Professor Dr. Ruckelshaußen für die Übernahme des Korreferates.

1.2 Eidesstattliche Erklärung

Hiermit erkläre ich, daß ich die vorliegende Arbeit selbständig angefertigt und keine anderen als die angegebenen Quellen, Hilfen und Hilfsmittel verwendet habe.

Mjarkus Riedel

Gelnhausen, den 15. November 1997

1.3 Aufgabenstellung

Schießstandanlagen sind sehr oft Grund von Beschwerden nahegelegener Anwohner. Anlaß dafür sind hauptsächlich die impulsförmigen Schußgeräusche, die sich deutlich aus dem Grundgeräusch der Umgebung hervorheben.

Aus diesem Grund sind solche Anlagen nach § 4 des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (BImSchG) genehmigungsbedürftig.

In diesem Genehmigungsverfahren hat die zuständige Behörde zu prüfen, ob durch die Anlage erhebliche Nachteile, Belästigungen oder Gefahren herbeigeführt werden könnten.

Der Betreiber eines Schießstandes (im Regelfall ist dies der örtliche Schützenverein) muß daher die zu erwartenden Immissionsverhältnisse in einer detaillierten Immissionsprognose darstellen.

In der VDI Richtlinie 3745 Blatt 1 wurde die meßtechnische Ermittlung der Schießgeräuschimmissionen sowie deren Beurteilung beschrieben.

Um die entstehenden Schießgeräuschimmissionen, die bei einer Neuerrichtung oder dem Umbau von Schießanlagen entstehen zu prognostizieren, ist ein Folgeblatt der Richtlinie geplant.

Da für dieses Folgeblatt keine gesicherten Emissionsdaten vorlagen, gab die Hessische Landesanstalt für Umwelt der Firma Müller-BBM in Planegg eine Richtlinienarbeit zur Prognose von Schießgeräuschimmissionen in Auftrag. In dieser Richtlinienarbeit wurde die Berechnung von Immissions- und Emissionsgrößen beschrieben sowie Erfahrungswerte zur Geräuschemission zusammengefaßt.

Die vorliegende Arbeit soll die Richtlinienarbeit von Müller-BBM kritisch untersuchen und Aussagen über die Zuverlässigkeit der darin aufgeführten Emissionsgrößen sowie den vorgeschlagenen Berechnungsverfahren liefern.

Die Arbeit gliedert sich in drei Kapitel :

Erstes Kapitel :

Die Richtlinienarbeit von Müller-BBM baut zum großen Teil auf die in der VDI Richtlinie „Schallausbreitung im Freien“ beschriebenen Gleichung (1) auf. Diese Gleichung ist im Müller-BBM Bericht unter Gleichung (4) und in der vorliegenden Arbeit unter (1.1) aufgeführt.

Da im Müller-BBM Bericht die Formelzeichen der Gleichung nicht beschrieben wurden, wurden im ersten Teil dieser Arbeit die Größen dieser Gleichung kurz erläutert.

Sie verdeutlicht nicht nur den Zusammenhang zwischen dem Schalldruck und der Schalleistung, sondern sorgt daneben für eine gute Verständlichkeit der Rechnungen in dieser Arbeit.

Zweites Kapitel :

Der eigentliche Kern dieser Arbeit: Hier werden Emissionsdaten für verschiedene Waffen- und Munitionsarten untersucht und berechnet.

Durch eine detaillierte Gliederung soll dem Leser der Weg von der Schalldruckpegelmessung bis zur Ermittlung waffenspezifischer Emissionswerte verdeutlicht werden.

Drittes Kapitel :

Dieser Teil beschäftigt sich mit den im Müller-BBM Bericht vorgeschlagenen Berechnungsverfahren der Schallimmission für verschiedene Schießanlagen. Grundlage dieser Berechnungen sind in der Regel die im zweiten Kapitel ermittelten Emissionswerte.

1.4 Begriffliche Grundlagen

In der Regel werden Schießgeräuschimmissionen durch Messungen am Immissionsort ermittelt. Diese Immissionswerte können aber auch durch eine Ausbreitungsrechnung bestimmt werden. Ausgehend vom Emissionsort läßt sich die Schallimmission durch Gleichung (1.1) berechnen.

Der Schalleistungspegel, das Richtwirkungs- und Raumwinkelmaß sind darin Emissionskenngrößen. Alle anderen Terme rechts vom Gleichheitszeichen beschreiben die Dämpfung, die der Schall durch seine Ausbreitung erfährt.

$$L = L_W + DI + K_0 - D_S - D_L - D_{BM} - D_D - D_G - D_e \quad (1.1)$$

L	[dB]	= Schalldruckpegel
L _W	[dB]	= Schalleistungspegel
DI	[dB]	= Richtwirkungsmaß
K ₀	[dB]	= Raumwinkelmaß
D _S	[dB]	= Abstandsmaß
D _L	[dB]	= Luftabsorptionsmaß
D _{BM}	[dB]	= Boden- und Meteorologiedämpfungsmaß
D _D	[dB]	= Bewuchsdämpfungsmaß
D _G	[dB]	= Bebauungsdämpfungsmaß
D _e	[dB]	= Einfügungsdämpfungsmaß eines Schallschirms

In diesem Abschnitt sollen die für die Ausbreitungsrechnung wichtigsten Begriffe ¹⁾ kurz erläutert und gegebenenfalls durch eine Formel dargestellt werden.

Die Definitionen orientieren sich weitgehend an der VDI-Richtlinie 2714 „Schallausbreitung im Freien“.

¹⁾ Da weder das Bewuchsdämpfungsmaß D_D, noch das Bebauungsdämpfungsmaß D_G in dieser Arbeit bei Berechnungen berücksichtigt werden, wurde auf eine Erklärung der Begriffe verzichtet.

1.4.1 Der Pegel

Da die Zahlenwerte des Schalldruckes und auch der Schalleistung größenordnungsmäßig sehr weit auseinanderliegen, werden diese Größen in der Akustik nicht unmittelbar gemessen und angegeben. Stattdessen hat man den absoluten Pegel eingeführt.

Die Definitionsgleichung für den Schalldruckpegel L lautet :

$$L = 20 \lg \frac{p}{p_0} \text{ dB} \quad (1.2)$$

L [dB] = Schalldruckpegel

p [Pa] = Schalldruck

p_0 = Bezugsschalldruck [$20 \cdot 10^{-6}$ Pa]

Und der Schalleistungspegel L_w ist definiert durch :

$$L_w = 10 \lg \frac{P}{P_0} \text{ dB} \quad (1.3)$$

L_w [dB] = Schalleistungspegel

P [W] = Die von einer Schallquelle abgestrahlten Schalleistung

P_0 = Bezugsschalleistung [10^{-12} W]

1.4.2 Das Richtwirkungsmaß DI

Das Richtwirkungsmaß DI (Directivity Index) 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.

1.4.3 Das Raumwinkelmaß K_0

Je nach Lage der Geräuschquelle können reflektierende Flächen in der Nähe der Schallquelle zu einer Erhöhung des Schallpegels führen. Den Einfluß der Quellenlage auf das Raumwinkelmaß K_0 verdeutlicht **Tabelle 1.1**.

Das Raumwinkelmaß berechnet sich in Abhängigkeit des Raumwinkels Ω nach folgender Formel :

$$K_0 = 10 \lg \left(\frac{4\pi}{\Omega} \right) \quad (1.4)$$

K_0 [dB] = Raumwinkelmaß

Ω = Raumwinkel

Tabelle 1.1 Das Raumwinkelmaß K_0

Lage der Geräuschquelle	Raumwinkel Ω	Raumwinkelmaß K_0
frei im Raum, hoch über dem Boden	4π	0 dB
in oder unmittelbar vor (über) einer stark reflektierenden Fläche (z.B. Dach, Boden)	2π	+ 3 dB
vor zwei aufeinander senkrecht stehenden Flächen (auch Wandfläche über Boden)	π	+ 6 dB
vor drei aufeinander senkrecht stehenden Flächen	$\pi/2$	+ 9 dB

1.4.4 Das Abstandsmaß D_s

Das Abstandsmaß wird wie der Schalldruck und die Schalleistung logarithmisch angegeben und beschreibt die Schallpegelabnahme einer sich kugelförmig ausbreitenden Schallwelle.

Die Geräuschquelle wird dabei punktförmig, und die Ausbreitung verlustlos und nach allen Seiten ungehindert angenommen.

Berechnen läßt sich das Abstandsmaß D_s mit folgender Formel :

$$D_s = 10 \lg \left(\frac{4\pi s^2}{s_0^2} \right) \quad (1.5)$$

D_s [dB] = Abstandsmaß

s [m] = Abstand zwischen Schallquellenmitte und Immissionsort

s_0 = Bezugsabstand [1 m]

1.4.5 Das Luftabsorptionsmaß D_L

Bei der Schallausbreitung in Luft wird Schallenergie in Wärme umgewandelt. Einflußgrößen sind hierbei die Temperatur und die Feuchte der Luft sowie die Frequenz f des Schalldruckes.

Für Planungszwecke rechnet man mit einer Temperatur von 10 °C und einer relativen Feuchte von 70 %.

Das Luftabsorptionsmaß berechnet sich dann wie folgt :

$$D_L = s \cdot \alpha_L \quad (1.6)$$

$$\text{mit } \alpha_L = (0,02 + 0,36 \cdot f + 0,036 \cdot f^2) \cdot 10^{-2} \frac{\text{dB}}{\text{m}} \quad (1.7)$$

Darin bedeuten :

D_L [dB] = Luftabsorptionsmaß

α_L [dB/m] = Absorptionskoeffizient

s [m] = Abstand zwischen Schallquellenmitte und Immissionsort

f [kHz] = Frequenz

In **Tabelle 1.2** ist der Absorptionskoeffizient α_L in Abhängigkeit zur Frequenz f angegeben. Die Werte gelten für eine Lufttemperatur von 10 °C und einer Luftfeuchte von 70 %.

Tabelle 1.2 Der Absorptionskoeffizient α_L

Oktavmittenfrequenz [Hz]	Absorptionskoeffizient α_L [dB/m]
63	0,000
125	0,001
250	0,001
500	0,002
1000	0,004
2000	0,008
4000	0,021
8000	0,052

1.4.6 Das Boden- und Meteorologiedämpfungsmaß D_{BM}

In größeren Abständen können durch Interferenz des am Boden (mit nahezu Phasenumkehr) reflektierten Strahls und des direkten Strahls Schallpegelminderungen auftreten.

Das Zusammenwirken von Boden- und Meteorologie wird zum Boden- und Meteorologiedämpfungsmaß D_{BM} zusammengefaßt.

Das Dämpfungsmaß lässt sich aus Gleichung (1.8) berechnen, wobei negative Rechenwerte gleich null gesetzt werden.

$$D_{BM} = \left(4,8 - \frac{2 \cdot h_m}{s} \cdot \left(17 + \frac{300}{s} \right) \right) \quad (1.8)$$

D_{BM}	[dB]	= Boden- und Meteorologiedämpfungsmaß (> 0 dB)
h_m	[m]	= Mittlere Höhe über Grund
s	[m]	= Abstand zwischen Schallquellenmitte und Immissionsort

1.4.7 Das Einfügungsdämpfungsmaß D_e

Hinter einem Hindernis (z.B. Schutzwall einer Schießanlage) bildet sich ein Schallschatten. Sofern keine reflektierenden Flächen vorhanden sind, kann der Schall nur durch Beugung um die Kanten des Hindernisses in die Schattenzone gelangen. Dadurch vermindert sich der Schalldruckpegel gegenüber dem für freie Schallausbreitung berechneten Wert um das Einfügungsdämpfungsmaß D_e . Es berechnet sich unter Vernachlässigung der absorbierenden Wirkung der Hindernisoberfläche durch energetische Addition der einzelnen Schallnebenwege, solange die Gesamtschirmwirkung größer als Null ist.

$$D_e = - 10 \lg \left(\sum_{x=1}^m 10^{-0,1 D_{ex}} \right) \quad (1.9)$$

D_e	[dB]	= Gesamteinfügungsdämpfungsmaß (> 0 dB)
D_{ex}	[dB]	= Einfügungsdämpfungsmaß für den Schallnebenweg x
m		= Anzahl der berücksichtigten Schallnebenwege

2 Die Emissionsmessung

2.1 Der Meßort

Die Emissionsmessung wurde auf dem Bundesweherschießplatz in Homberg an der Efze unter Freifeldbedingungen durchgeführt. Zur Fixierung der Waffenmündungsposition wurde in einem Zielabstand von etwa 200 m und einem Abstand von ca. 15 m zu den seitlichen Erdwällen ein Punkt markiert.

In Schußrichtung befand sich in 24 m Entfernung von dem gekennzeichnetem Punkt eine Hochblende, ansonsten war das Gelände eben.

2.2 Die Messung

Von dem markierten Punkt ausgehend, wurde in 10 m Abstand unter den Winkeln 45° , 90° und 180° zur Schußrichtung, in 4 m Höhe Mikrofone aufgebaut. Siehe auch **Bild 2.1**.

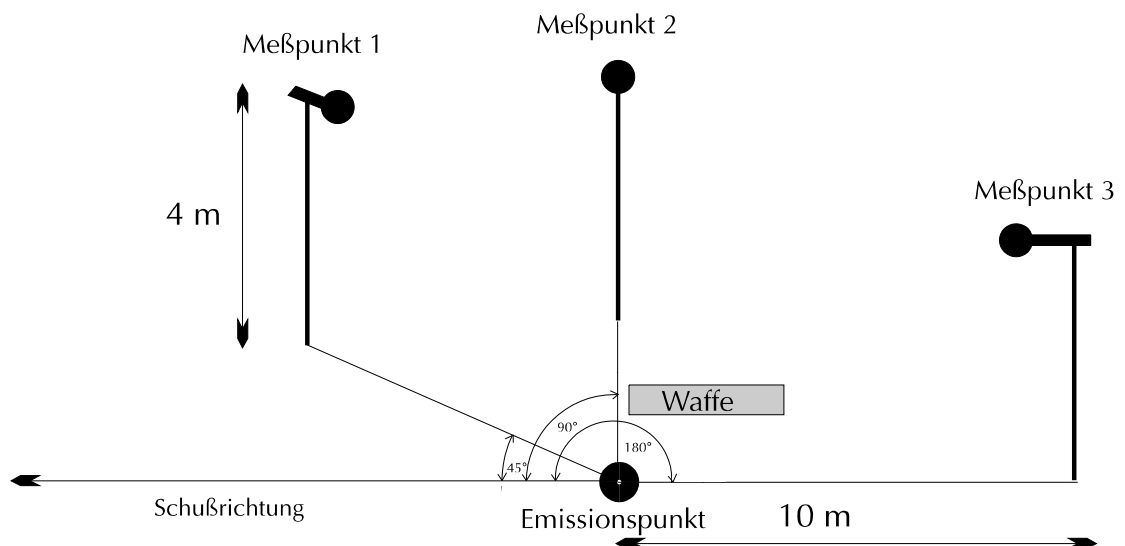


Bild 2.1 Meßanordnung der Emissionsmessung

Danach wurden mit jeder Waffe ²⁾ 10 Schüsse in etwa 20 Sekunden Abstand abgegeben, deren Schalldruckpegel L_{j,n,Φ_x} an den 3 Meßpunkten zeitgleich gemessen wurden.

Die Langwaffe wurde liegend geschossen, wobei sich die Mündung 0,3 m über dem Boden befand, während die Kurzwaffen stehend abgefeuert wurden, so daß hier der Abstand der Mündung zum Boden 1,5 m betrug.

Gemessen wurde der maximale A - bewertete Schalldruckpegel L_{AFmax,j,n,Φ_x} ³⁾, der acht Oktaven mit den Mittenfrequenzen von 63 Hz bis 8000 Hz in der Zeitbewertung Fast.

Für jeden der drei Meßpunkte ergaben sich damit 10 Schüsse x 8 Frequenzen x 3 Waffen = 240 Meßwerte (**Siehe Anhang 1 - Anhang 3**).

2.3 Die Meßgeräte

Die benutzten Meßgeräte wurden vor der Messung kalibriert und am Ende der Messung durch eine zweite Kalibrierung überprüft.

Alle Meßgeräte zeigten bei der Überprüfung Abweichungen von weniger als 0,2 dB(A).

Tabelle 2.1 Benutzte Messgeräte (Messung 1)

MP	Gerätebezeichnung	Hersteller	Typ	Seriennummer
45°	Präzisionsschallpegelmesser	Norsonic	110/010	13926
	½" Kondensatormikrofon	Norsonic	1220	16345
90°	Präzisionsschallpegelmesser	Bruel & Kjaer	2260	2027592
	½" Kondensatormikrofon	Bruel & Kjaer	4189	1931059
180°	Präzisionsschallpegelmesser	Bruel & Kjaer	2144	1566227
	½" Kondensatormikrofon	Bruel & Kjaer	4165	1594064

²⁾ Eine Beschreibung der verschiedenen Waffen findet sich in Abschnitt 3.3.

³⁾ Alle in dieser Arbeit aufgeführten Schallpegel sind maximal und AF bewertet. Um den Index der Schallpegel zu reduzieren, wurde auf die Mitführung des Indexes AF,max verzichtet.

Des Weiteren wurden die benutzten Mikrofone am Ende der Messung am Meßpunkt 3 (10 m hinter dem Schützen und in 4 m Höhe) zusammengestellt und zeitgleich der maximale Schalldruckpegel von fünf Schüssen gemessen. Die Gesamtschalldruckpegel unterschieden sich bei allen Schüssen um maximal 0,1 dB(A).

Die bei der Messung benutzten Geräte sind in **Tabelle 2.1** aufgeführt.

2.4 Die Mittelung der Schalldruckpegel L_{j,n,Φ_x}

Für jede Meßposition wurden die jeweils zehn gemessenen Schalldruckpegel L_{j,n,Φ_x} einer Oktavmittenfrequenz nach Gleichung (2.1) energetisch gemittelt.

$$L_{j,\Phi_x} = 10 \lg \left(\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N 10^{0,1 L_{j,n,\Phi_x}} \right) \quad (2.1)$$

Darin bedeuten :

L_{j,n,Φ_x} [dB(A)] = Maximaler Einzelschußpegel des Schusses n der Oktavmittenfrequenz j des Meßpunktes x

L_{j,Φ_x} [dB(A)] = Mittelwert der maximalen Einzelschußpegel der Frequenz j des Meßpunktes x

N = Anzahl der zu mittelnden Einzelschußpegel

2.5 Der Schalleistungspegel $L_{W,j,m}$ der Waffe für die Frequenz j

Da das Richtwirkungsmaß $DI(\Phi)$ der Waffe noch nicht ermittelt wurde, ist eine Bestimmung des Schalleistungspegels $L_{W,j,m}$ durch Formel (1.1) nicht möglich. Um den Schalleistungspegel $L_{W,j,m}$ ohne das Richtwirkungsmaß zu bestimmen, bieten sich zwei Möglichkeiten an :

Man mittelt die Schalldruckpegel L_{j,Φ_x} der drei Meßpunkte ⁴⁾ für jede Frequenz mit Formel (2.2)

$$L_{j,m} = 10 \lg \left(\frac{1}{I} \sum_{x=1}^I 10^{0,1 L_{j,\Phi_x}} \right) \quad (2.2)$$

L_{j,Φ_x} [dB(A)] = Mittelwert der maximalen Einzelschußpegel der Frequenz j des Meßpunktes x

$L_{j,m}$ [dB(A)] = Mittelwert der maximalen Einzelschußpegel der Frequenz j aller Meßpunkte

Φ_x = Winkel des Meßpunktes x zur Schußrichtung

I = Anzahl der Meßpunkte in etwa gleichverteilten Richtungen Φ
(Mit $0^\circ \leq \Phi \leq 180^\circ$)

und berechnet den Schalleistungspegel $L_{W,j,m}$ der Frequenz j nach Formel (1.1) ohne Berücksichtigung des Richtwirkungsmaßes $DI(\Phi)$.

Oder man rechnet zuerst den richtungsabhängigen Schalleistungspegel L_{W,j,Φ_x} über Formel (2.3)

$$L_{W,j,\Phi_x} = L_{j,\Phi_x} - K_0 + D_S + D_L \quad (2.3) \quad ^5)$$

L_{W,j,Φ_x} [dB(A)] = Schalleistungspegel des Mündungsknalls der Frequenz j im Winkel Φ zur Schußrichtung

L_{j,Φ_x} [dB(A)] = Mittelwert der maximalen Einzelschußpegel der Frequenz j des Meßpunktes x

K_0 [dB(A)] = Raumwinkelmaß

⁴⁾ Sind die Abstände der Meßpunkte zur Waffenmündung unterschiedlich, müssen die Schalldrücke zuerst mit Gleichung (1.1) auf eine gemeinsame Entfernung umgerechnet werden.

⁵⁾ Das Luftabsorptionsmaß D_L kann bei tiefen Frequenzen und bei kleinen Meßabständen vernachlässigt werden.

D_s [dB(A)] = Abstandsmaß

D_L [dB(A)] = Luftabsorptionsmaß

und mittelt dann energetisch:

$$L_{W,j,m} = 10 \lg \left(\frac{1}{I} \sum_{x=1}^I 10^{0,1 L_{W,j,\Phi_x}} \right) \quad (2.4)$$

L_{W,j,Φ_x} [dB(A)] = Schalleistungspegel des Mündungsknalls der Frequenz j im Winkel Φ zur Schußrichtung

$L_{W,j,m}$ [dB(A)] = Mittelwert der maximalen Schalleistungspegel der Frequenz j aller Meßpunkte

Φ_x = Winkel des Meßpunktes x zur Schußrichtung

I = Anzahl der Meßpunkte in etwa gleichverteilten Richtungen Φ
(Mit $0^\circ \leq \Phi \leq 180^\circ$ und $I \geq 3$)

Beide Wege führen für die Frequenz j zur gleichen Schalleistung $L_{W,j,m}$.

Der zweite Rechenweg hat allerdings den Vorteil, daß man direkt aus Gleichung (2.3) das Frequenzspektrum der Waffe ermitteln kann.

2.6 Das Frequenzspektrum

Trägt man den Schalleistungspegel L_{W,j,Φ_x} mit dem Winkel Φ zur Schußrichtung über den Oktavmittenfrequenzen j auf, so erhält man das Frequenzspektrum der Waffe für den entsprechenden Winkel.

Um aber eine Aussage über die Richtcharakteristik der Waffe machen zu können, ist es zweckmäßig die Frequenzspektren aller Meßrichtungen für jede Waffe in einem Diagramm zusammenzufassen.

In **Anhang 5 bis Anhang 7** sind die Frequenzspektren der drei untersuchten Waffen graphisch dargestellt.

Man erkennt sehr deutlich, daß die drei Frequenzspektren jeder Waffe einen gleichartigen Verlauf aufweisen.

Weiterhin erkennt man, daß speziell bei den Kurzwaffen im unteren Frequenzbereich (bis etwa 250 Hz) die Pegeldifferenz gering ist, sie aber mit zunehmender Frequenz steigt.

Die Richtcharakteristik der Waffen ist also für höhere Frequenzen deutlicher ausgeprägt als für tiefe.

Das Maximum des Schalleistungspegels liegt beim Gewehr und beim Schreckschußrevolver bei 1 kHz, und beim Revolver bei 2 kHz.

2.7 Der Gesamtschalleistungspegel $L_{W,m}$ des Mündungsknalls

Für die Ausbreitungsrechnung des Schalls wird zwar mit jeder Oktavmittenfrequenz des Schalleistungspegels $L_{W,j,m}$ gerechnet, aber oft interessiert der von der Waffe emittierten Gesamtschalleistungspegel $L_{W,m}$ ⁶⁾ der Waffe in Kombination mit verschiedener Munition.

Zur Bestimmung des Gesamtschalleistungspegel werden alle Beiträge der acht Oktavbänder addiert. Die Addition erfolgt energetisch nach Gleichung (2.5) :

$$L_{W,m} = 10 \lg \left(\sum_{j=1}^8 10^{0,1 L_{W,j,m}} \right) \quad (2.5)$$

$L_{W,j,m}$ [dB(A)] = Mittelwert des maximalen Schalleistungspegel der Frequenz j

$L_{W,m}$ [dB(A)] = Gesamtschalleistungspegel

8 = Anzahl der Mittenfrequenzen

⁶⁾ Die Gesamtschalleistungspegel der untersuchten Waffen sind im **Anhang 4** aufgeführt.

2.8 Das Gewichtsmaß g und das Richtwirkungsmaß $DI(\Phi)$

Da zur Bestimmung des Richtwirkungsmaßes $DI(\Phi)$ nur die Schalleistungspegel der drei Meßpunkte zur Verfügung stehen, ergäbe die Konstruktion des Richtwirkungsmaßes einer Waffe lediglich eine an drei Punkten abknickende Gerade.

Geht man von einer Symmetrie zur Schußbahn aus, erhielte man zwar weitere Schallpegel, aber die Kurve würde immer noch große Lücken beinhalten.

Um diese Lücken zu schließen, ist es notwendig, das Richtwirkungsmaß durch eine Funktion zu beschreiben.

Betrachtet man die Schallabstrahlung einer Waffe in verschiedene Richtungen, so erkennt man, daß bei gleichem Abstand zur Waffenmündung, der Schalldruck in Schußrichtung größer ist als der zur Seite. Noch größer ist die Differenz, wenn man die Schalldrücke in Schußrichtung mit der entgegengesetzten Seite vergleicht.

Da auch eine Kosinusfunktion bei 0° ihr Maximum und bei 180° ihr Minimum besitzt, würde sich zur Beschreibung der Waffenrichtcharakteristik eine Funktion mit Kosinusgliedern anbieten.

In der Richtlinie wurde folgender Ansatz vorgeschlagen :

$$DI(\Phi) = g_0 + g_1 \cos(\Phi) + g_2 \cos(2\Phi) \quad (2.6)$$

$DI(\Phi)$ [dB(A)] = Richtwirkungsmaß des Gesamtschalleistungspegel in der Richtung Φ zur Schußrichtung

g_0 [dB(A)] = Gewichtsmaß zur Normierung

g_1 [dB(A)] = Gewichtsmaß proportional zum Pegelunterschied zwischen der vorderen und hinteren Schallabstrahlung

g_2 [dB(A)] = Gewichtsmaß zur Pegelkorrektur für die erste Näherung zur Seite

wobei sich die Gewichtsmaße g_1 und g_2 aus folgenden Gleichungen bestimmen lassen :

$$\begin{aligned}
e_0 \sum_{x=1}^I \cos(0 \cdot \Phi x) \cos(0 \cdot \Phi x) + g_1 \sum_{x=1}^I \cos(0 \cdot \Phi x) \cos(1 \cdot \Phi x) + g_2 \sum_{x=1}^I \cos(0 \cdot \Phi x) \cos(2 \cdot \Phi x) &= \sum_{x=1}^I L_{W,j,\Phi x} \cdot \cos(0 \cdot \Phi x) \\
e_0 \sum_{x=1}^I \cos(1 \cdot \Phi x) \cos(0 \cdot \Phi x) + g_1 \sum_{x=1}^I \cos(1 \cdot \Phi x) \cos(1 \cdot \Phi x) + g_2 \sum_{x=1}^I \cos(1 \cdot \Phi x) \cos(2 \cdot \Phi x) &= \sum_{x=1}^I L_{W,j,\Phi x} \cdot \cos(1 \cdot \Phi x) \\
e_0 \sum_{x=1}^I \cos(2 \cdot \Phi x) \cos(0 \cdot \Phi x) + g_1 \sum_{x=1}^I \cos(2 \cdot \Phi x) \cos(1 \cdot \Phi x) + g_2 \sum_{x=1}^I \cos(2 \cdot \Phi x) \cos(2 \cdot \Phi x) &= \sum_{x=1}^I L_{W,j,\Phi x} \cdot \cos(2 \cdot \Phi x)
\end{aligned}
\tag{2.7}$$

$L_{W,j,\Phi x}$ [dB(A)] = Maximaler Schalleistungspegel des Mündungsknalls der
Frequenz j im Winkel Φ zur Schußrichtung

g_1, g_2 [dB(A)] = Gewichtsmaße

e_0 [dB(A)] = Vektorgrößen zur Bestimmung der Gewichtsmaßes g_0

I = Anzahl der Meßpunkte in etwa gleichverteilten Richtungen Φ
(Mit $0^\circ \leq \Phi \leq 180^\circ$ und $I \geq 3$)

Das Gewichtsmaß g_0 lässt sich aus der Vektorgröße e_0 durch eine Subtraktion ermitteln :

$$g_0 = e_0 - L_{W,j,m} \tag{2.8}$$

g_0 [dB(A)] = Gewichtsmaß zur Normierung

e_0 [dB(A)] = Vektorgrößen zur Bestimmung der Gewichtsmaßes g_0

$L_{W,j,m}$ [dB(A)] = Mittelwert des maximalen Schalleistungspegels des
Mündungsknalls der Frequenz j aller Meßrichtungen

Die Überprüfung des Ansatzes ergibt bei 3 Meßpunkten in etwa gleichverteilten Richtungen ($45^\circ, 90^\circ$ und 180°) eine Funktion, die dem Richtwirkungsmaß der Waffe entsprechen könnte.

Im **Anhang 8 bis Anhang 10** sind die berechneten Richtcharakteristiken der Waffen dargestellt.

2.9 Rechenbeispiel

Anhand eines Zahlenbeispiels soll der Rechenweg von der Messung der Schalldruckpegel L_{j,n,Φ_x} zur Bestimmung des Gesamtschalleistungspegel $L_{W,m}$ verdeutlicht werden.

Als Rechengröße wurden die Schalldruckpegel L_{j,n,Φ_x} des Revolvers Taurus der Meßrichtung $\Phi_1 = 45^\circ$ für die Oktavmittenfrequenz $j = 500$ Hz gewählt :

Ausschnitt aus Anhang 1

Frequenz j	$L_{500\text{Hz},1,45^\circ}$	$L_{500\text{Hz},2,45^\circ}$	$L_{500\text{Hz},3,45^\circ}$	$L_{500\text{Hz},\dots,45^\circ}$	$L_{500\text{Hz},10,45^\circ}$
500 Hz	93,5	94,0	93,6	93,6

Die 10 Schalldruckpegel werden zu einem energetischen Mittelwert zusammengefaßt. Für den Mittelwert ergibt sich ein Pegel von :

$$L_{500\text{ Hz},45^\circ} = 10 \lg \left(\frac{1}{10} (10^{9,35} + 10^{9,4} + 10^{9,36} + \dots + 10^{9,36}) \right) = \mathbf{94,0\text{ dB(A)}} \quad (2.1)$$

Daraus ergibt sich für den richtungsabhängigen Schalleistungspegel $L_{W,500\text{ Hz},45^\circ}$:

$$L_{W,500\text{ Hz},45^\circ} = 94,0 - 3 + 10 \lg (4\pi((10\text{m})^2 + (2,5\text{ m})^2)/1\text{m}^2) = \mathbf{122,3\text{ dB(A)}} \quad (2.3)$$

Um den Mittelwert des Schalleistungspegels $L_{W,500\text{ Hz},m}$ zu berechnen, müssen die obigen zwei Rechenschritte für die Richtungen 90° und 180° ebenfalls durchgeführt werden.

Man erhält für

$$L_{500\text{ Hz},90^\circ} = 88,3\text{ dB(A)} \quad \text{und} \quad L_{W,500\text{ Hz},90^\circ} = 116,6\text{ dB(A)}$$

$$L_{500\text{ Hz},180^\circ} = 84,7\text{ dB(A)} \quad \text{und} \quad L_{W,500\text{ Hz},180^\circ} = 113,0\text{ dB(A)}$$

Die energetische Mittelung der drei Schalleistungspegeln ergibt für $j = 500$ Hz einen mittleren Schalleistungspegel von :

$$L_{W,500 \text{ Hz,m}} = 10 \lg \left(\frac{1}{3} (10^{12,23} + 10^{11,66} + 10^{11,30}) \right) = \mathbf{118,9 \text{ dB(A)}} \quad (2.4)$$

Führt man die für 500 Hz durchgeführten Rechenschritte für die verbleibenden sieben Oktavmittenfrequenzen durch, so ergeben sich folgende Schalleistungsmittelwerte :

$$L_{W,63 \text{ Hz,m}} = 80,1 \text{ dB(A)}$$

$$L_{W,125 \text{ Hz,m}} = 93,5 \text{ dB(A)}$$

$$L_{W,250 \text{ Hz,m}} = 114,2 \text{ dB(A)}$$

$$L_{W,1000 \text{ Hz,m}} = 126,8 \text{ dB(A)}$$

$$L_{W,2000 \text{ Hz,m}} = 130,1 \text{ dB(A)}$$

$$L_{W,4000 \text{ Hz,m}} = 126,6 \text{ dB(A)}$$

$$L_{W,8000 \text{ Hz,m}} = 119,8 \text{ dB(A)}$$

Und einen Gesamtschalleistungspegel von

$$L_{W,m} = 10 \lg (10^{8,01} + 10^{9,35} + \dots + 10^{12,66} + 10^{11,98}) = \mathbf{133,4 \text{ dB(A)}} \quad (2.5)$$

2.10 Die zweite Messung

Um zu überprüfen, welchen Einfluß die Schützenposition, der Waffentyp und die Munitionsart auf die Emissionsmessung haben, wurde eine zweite Messung durchgeführt.

Die Überprüfung der Meßgeräte erfolgte wie in Kapitel 2.3 beschrieben.

Während die Schallpegelmessung von Brüel & Kjaer beim Vergleich des Gesamtschalldruckpegels Abweichungen $\leq 0,1 \text{ dB(A)}$ aufwies, zeigte das Gerät von Norsonic Abweichungen von 3 dB(A) .

Eine Analyse der fünf gemittelten Schalldruckpegel für die Oktavmittenfrequenzen zeigte bei den Brüel & Kjaer Geräten weitgehende Übereinstimmung: Die Pegel zwischen 250 Hz und 4000 Hz wichen um maximal $0,1 \text{ dB(A)}$ ab,

lediglich in den tieferen Frequenzen traten Abweichungen von 3 dB(A) auf. Bei 8000 Hz wurde eine Abweichung von 1,1 dB(A) registriert.

Das Gerät von Norsonic hingegen wich bei allen Oktavmittenfrequenzen um mindestens 2 dB(A) ab. Auch hier war eine größere Abweichung in den tiefen und hohen Frequenzen zu beobachten. So wurde bei 8000 Hz eine Abweichung von 5 dB(A) registriert, und bei 63 Hz sogar eine Differenz von über 7 dB(A).

Abweichungen zwischen verschiedenen Gerätetypen sind zwar nicht zwangsläufig, aber um Fehler bereits bei der Messung gering zu halten, wäre es ratsam, bei Schallmessungen nur Meßgeräte gleichen Typs einzusetzen - oder wenn das nicht möglich ist, sich zumindest auf Meßgeräte des gleichen Herstellers zu beschränken.

Um die Berechnungen dieser Arbeit nicht zu verfälschen, wurden die Meßergebnisse des Norsonic-Meßgerätes für weitere Berechnungen nur unter Vorbehalt berücksichtigt.

Die bei der zweiten Messung eingesetzten Meßgeräte sind in **Tabelle 2.2**, die benutzten Waffen in **Tabelle 2.3** und die Munition in **Tabelle 2.4** aufgeführt.

Die Meßwerte sind im **Anhang 11 bis Anhang 30** protokolliert.

Tabelle 2.2 Benutzte Meßgeräte (Messung 2)

MP	Gerätebezeichnung	Hersteller	Typ	Seriennummer
0°	Präzisionsschallpegelmesser	Norsonic	110/010	13926
	½" Kondensatormikrofon	Norsonic	1220	16345
45°	Präzisionsschallpegelmesser	Bruel & Kjaer	2144	1566227
	½" Kondensatormikrofon	Bruel & Kjaer	4165	774159
90°	Präzisionsschallpegelmesser	Bruel & Kjaer	2260	2027592
	½" Kondensatormikrofon	Bruel & Kjaer	4189	1931059
180°	Präzisionsschallpegelmesser	Bruel & Kjaer	2144	1566227
	½" Kondensatormikrofon	Bruel & Kjaer	4165	1594064

Tabelle 2.3 Verwendete Waffen (Messung 2)

Nr.	Waffe	Kaliber	Lauflänge
1	Gewehr Kepeller UIT-CISM	.308 Win	60 cm
2	Revolver S & W Special CTG	.38 Spec	6"
3	Revolver S & W Champion Target	.357 Magnum	6"

Tabelle 2.4 Verwendete Munition (Messung 2)

Nr.	Hersteller	Geschoß-Art	Kaliber	Mündungsenergie
1	Magtech	162 Grs Vollmantel	.308	3150 J
2	PMP	Vollmantel	.308	3254 J
3	Geco	Wad Cutter	.38 Special	245 J
4	Geco	Vollmantel	.357 Magnum	990 J

2.10.1 Der Einfluß der Schützenposition

Da in der Richtlinienarbeit von Müller-BBM keine Aussage gemacht wird, ob die Schützenposition Einfluß auf die Emissionskenngrößen hat, wurden Messungen in liegender und stehender Position durchgeführt.

Dazu wurden mit dem Gewehr Kepeller und dem Revolver S & W .38 Spec. jeweils fünf Schüsse in 0,3 m und 1,5 m Bodenabstand abgegeben.

Das Frequenzspektrum beider Waffen zeigt für alle Meßrichtungen einen typischen Verlauf :

Die Waffen, die im Liegen geschossen wurden, besitzen bei den tiefen Frequenzen (bis etwa 200 Hz) einen höheren Schalldruckpegel als die Waffen, die in stehender Anschlagart abgeschossen wurden. Bis 1000 Hz liegt der Pegel dann unter dem Pegel der stehenden Schützenposition, und ab 1000 Hz verlaufen beide Schalldruckpegel fast parallel.

Weiterhin erkennt man, daß das Frequenzspektrum bei liegender Position zwischen 1000 Hz - 2000 Hz eine ausgeprägte Spitze aufweist, während bei der stehenden Position der Pegel in diesem Bereich flacher ansteigt.

Dieser Verlauf ist beim Gewehr stärker ausgeprägt als beim Revolver.

Die Frequenzspektren im **Anhang 31 bis Anhang 34** verdeutlichen diesen Unterschied.

2.10.2 Der Einfluß des Waffentyps

Eine weitere Messung sollte Aufschluß darüber geben, ob Waffen mit gleicher Lauflänge und gleichem Kaliber ähnliche Emissionskennwerte besitzen.

Dadurch könnte man nicht nur die Katalogisierung vereinfachen, auch die Beschreibung neuer Waffen, über die noch keine Emissionsdaten vorliegen, wäre möglich.

Da die Emissionskennwerte des Revolvers Taurus bereits vorlagen, wurde ein Vergleichsmodell der Firma Smith & Wesson mit gleichem Kaliber, gleicher Lauflänge und gleicher Munition untersucht.

Geschossen wurde in stehender Position mit der Munition Geco WC .38 Spec.

Der Vergleich des Frequenzspektrums beider Waffen zeigt einen nahezu gleichen Verlauf.

Da die benutzte Munition auch in einer Kurzwaffe mit dem Kaliber .357 verschossen werden kann, wurde die Untersuchung durch eine weitere Messung ergänzt.

In dieser Messung wurde die zuvor benutzte Munition in einer Smith & Wesson Kaliber .357 verschossen. Die Lauflänge der Waffe betrug ebenfalls 6". Auch hier konnte man eine sehr starke Übereinstimmung der Frequenzspektren feststellen.

Die gemessenen Frequenzspektren der drei untersuchten Kurzwaffen sind für die Meßrichtungen 45° und 90° im **Anhang 35 und Anhang 36** dargestellt.

2.10.3 Der Einfluß der Munition

Um zu sehen, wie verschiedene Munitionsarten das Frequenzspektrum verändern, wurden mit dem Gewehr Kepeller und dem Revolver S & W .357 Magnum zwei verschiedene Munitionsarten in stehender Position verschossen. Zur Bestätigung der Meßergebnisse aus Kapitel 2.10.1 „Der Einfluß der Schützenposition“ wurden die Emissionswerte des Gewehres nochmals aus liegender Schützenposition gemessen.

Während die Mündungsenergie der Gewehrmunition ähnliche Werte besaß, unterschied sich die Mündungsenergie der Revolvermunition etwa um den Faktor vier.

Die Auswertung der Meßwerte ergab beim Gewehr weitgehende Übereinstimmung der Schalldrücke für beide Munitionsarten. Sowohl für die liegende, wie auch für die stehende Schützenposition.

Beim Revolver zeigten sich große Schallpegeldifferenzen bis 2000 Hz. Danach beträgt der Unterschied weniger als 5 dB(A).

Es scheint also einen direkten Zusammenhang zwischen Mündungsenergie und Schalleistung zu geben.

Die Frequenzspektren der Messung befinden sich im **Anhang 37 - Anhang 42**.

2.10.4 Genauigkeit der Richtcharakteristik

Die Berechnung der Richtcharakteristik im Abschnitt 2.8 ergab eine Kurve, die für die drei Meßrichtungen (45°, 90° und 180°) den gemessenen Wert exakt wiedergab. Ob aber die Richtcharakteristik auch für andere Winkel, z.B. 60° oder 120° zufriedenstellende Ergebnisse liefert, wurde durch eine weitere Messung überprüft.

Dazu wurden die Schalldruckpegel des Revolvers S & W .38 auf einem Halbkreis in 30° Schritten gemessen.

Tabelle 2.5 Vergleich der Richtcharakteristikwerte für 3 MP

Waffe :	Revolver S & W	Anschlagart :	stehend
Meßwinkel	gerechneter Wert	gemessener Wert	Differenz
0	108,42	109,40	- 1,0
15	108,35		
30	108,12	107,80	+ 0,3
45	107,70	107,70	0
60	107,07	105,80	+ 1,3
75	106,20		
90	105,10	105,10	0
105	103,84		
120	102,51	102,50	0
135	101,26		
150	100,22	100,50	- 0,3
165	99,54		
180	99,30	99,30	0

Der Vergleich der gemessenen und gerechneten Kurve ergab für den Bereich zwischen 0° und 60° Abweichungen von $\pm 1,3$ dB(A), während der Bereich zwischen 90° und 180° weitgehende Übereinstimmung zeigte.

Siehe auch **Tabelle 2.5**.

Ob Gleichung (2.7) bessere Näherungen für vier berücksichtigte Meßpositionen liefert, wurde durch mehrere Meßwinkelkombinationen überprüft. Hier ergab die Berechnung der Richtcharakteristikfunktion aus vier Meßwerten keine deutliche Verbesserung (Siehe auch **Anhang 43**).

Um die Funktion des Richtwirkungsmaßes leichter und genauer zu ermitteln, wurde ein zweiter Ansatz untersucht.

Ausgehend von der Überlegung, daß das Richtwirkungsmaß $DI(\Phi)$ als Differenz zwischen dem Schalleistungspegel der Richtung Φ und dem gemitteltem Schalleistungspegel aller Richtungen definiert ist, wird aus Gleichung (2.6) Gleichung (2.9).

$$L_{W,j,\Phi_x} - L_{W,j,m} = g_0 + g_1 \cos(\Phi_x) + g_2 \cos(2\Phi_x) \quad (2.9)$$

L_{W,j,Φ_x} [dB(A)] = Schalleistungspegel des Mündungsknalls der Frequenz j im Winkel Φ zur Schußrichtung

$L_{W,j,m}$ [dB(A)] = Mittelwert der maximalen Schalleistungspegel der Frequenz j aller Meßpunkte

Φ_x = Winkel des Meßpunktes x zur Schußrichtung

Setzt man die in (2.3) und (2.4) ermittelten Werte in Gleichung (2.9) ein, so erhält man für jeden Meßpunkt eine Gleichung.

Bei $I = 3$ Meßpunkten ergäben sich drei Gleichungen, mit denen man die drei Gewichtsmaße bestimmen kann.

Ein Vergleich der durch Gleichung (2.7) und Gleichung (2.9) ermittelten Gewichtsmaße zeigt, daß für drei Meßpunkte die Gewichtsmaße identisch sind.

Vergleicht man weiterhin den Rechenaufwand der beiden Gleichungen, so liegt der Vorteil ganz klar bei Gleichung (2.9).

Nicht nur die Formel ist erheblich kürzer, auch die Ermittlung des Gewichtsmaßes g_0 aus der Vektorgröße e_0 entfällt.

Leider zeigt auch diese Formel Schwächen, sobald bei der Funktionsberechnung mehr als drei Meßpunkte in die Rechnung einbezogen werden.

Zufriedenstellende Ergebnisse können nur mit $I = 3$ Meßpunkten erzielt werden.

2.11 Erfahrungswerte

Um von dem Schalleistungspegel $L_{W,m}$ auf das Frequenzspektrum der Waffe schließen zu können, wird oft mit der Spektralkorrektur ΔL_j gerechnet. Sie errechnet sich aus der Differenz zwischen dem Schalleistungspegel der verschiedenen Oktavmittenfrequenzen $L_{W,j,m}$ und dem zugehörigen Schalleistungspegel $L_{W,m}$.

$$\Delta L_j = L_{W,j,m} - L_{W,m} \quad (2.10)$$

ΔL_j [dB(A)] = Spektralkorrektur

$L_{W,j,m}$ [dB(A)] = Mittelwert der maximalen Schalleistungspegel der Frequenz j
aller Meßpunkte

$L_{W,m}$ [dB(A)] = Gesamtschalleistungspegel

Für Waffen, über die noch keinerlei Emissionskennwerte vorliegen, kann das Frequenzspektrum durch die überschlägige Spektralkorrektur in Tabelle 1 der Müller-BBM Richtlinie angegeben werden.

Der Vergleich, der für diese Arbeit zugrunde liegenden Meßwerte für großkalibrige Kurzwaffen mit der überschlägigen Spektralkorrektur der Richtlinie, zeigt für die Oktavmittenfrequenzen 250 Hz und 500 Hz bis zu 4 dB(A) Unterschied.

Auch bei den großkalibrigen Langwaffen gibt es bei den Frequenzen bis 250 Hz größere Abweichungen.

Da bei dieser Arbeit jedoch nur eine Langwaffe untersucht wurde, kann über die Zuverlässigkeit der Spektralkorrektur der Langwaffe keine Aussage gemacht werden.

Speziell für Langwaffen sollten jedoch überschlägige Spektralkorrekturen für die verschiedenen Anschlagarten aufgeführt werden, da es dort bis 1000 Hz zu größeren Unterschieden kommen kann. **Anhang 31 bis Anhang 34** verdeutlichen diese Notwendigkeit.

Gute Ergebnisse zeigte der Vergleich der Berechnung des Schalleistungspegels aus Formel (2.11):

$$L_{W,m} = 10 \lg ((E_0 \cdot 1 \text{ m}) / (1 \text{ J} \cdot l_0)) + C \quad (2.11)$$

$L_{W,m}$ [dB(A)] = Gesamtschalleistungspegel

E_0 [J] = Mündungsenergie

l_0 [m] = Lauflänge der Waffe

C [dB] = Konstante für Langwaffen gilt $C = 103 \text{ dB(A)}$
für Kurzwaffen gilt $C = 108 \text{ dB(A)}$

Hier betrug die Differenz zwischen den gemessenen und gerechneten Werten nicht mehr als 2 dB(A).

Der Vergleich der aus den Messungen gewonnenen Schalleistungspegeln und Spektralkorrekturen mit den Erfahrungswerten ist im **Anhang 45** aufgeführt.

2.12 Ergebnisse der Emissionsmessungen

Zusammenfassend ergeben sich folgende Schlußfolgerungen aus den Emissionsmessungen:

Die Richtcharakteristik der Waffen sind in Schußrichtung stärker ausgeprägt als zur Seite und nach hinten. Bei Waffen mit langem Lauf nehmen die Pegel zur Seite und nach hinten stärker ab als bei Kurzwaffen.

Für Langwaffen mit einer Lauflänge zwischen 60 cm und 70 cm und dem Kaliber .308 Win kann überschlägig mit den **Gewichtsmaßen** $g_0 = -1 \text{ dB(A)}$, $g_1 = 7 \text{ dB(A)}$ und $g_2 = 1 \text{ dB(A)}$ gerechnet werden.

Im Gegensatz zu den Langwaffen sind die Gewichtsmaße bei den Kurzwaffen sehr stark von der Waffen-/Munitionkombination abhängig. Hier kann für Waffen mit einer Lauflänge von 6'' und dem Kaliber .38 näherungsweise mit $g_0 = 0 \text{ dB(A)}$, $g_1 = 4 \text{ dB(A)}$ und $g_2 = 0 \text{ dB(A)}$ gerechnet werden.

Genauere Aussagen können über den **Schalleistungspegel** gemacht werden. So kann man für Kurzwaffen mit einer Lauflänge von 6'' und den Kalibern .38 und .357 in Kombination mit Wadcutter Munition (Mündungsenergie ca. 250 J) mit einer Schalleistung $L_{w,m}$ von 133 dB(A) ausgehen. Für die Kombination von Vollmantelgeschossen mit einer Mündungsenergie von ca. 3100 J und einer Langwaffe Kaliber .308 Win mit einer Lauflänge von 60 cm kann mit einem Schalleistungspegel von 144 dB(A) gerechnet werden.

Keine Veränderungen des **Frequenzspektrums** konnte bei Kurzwaffen mit der Lauflänge 6'' in Verbindung mit Wadcutter Munition festgestellt werden. Waffen mit den Kalibern .38 und .357 besitzen für diese Munition das gleiche Frequenzspektrum.

Die Benutzung energiereicher Munition führt bei allen Frequenzen zu einer Schallpegelerhöhung. Diese tritt verstärkt im Frequenzbereich zwischen 250 Hz und 1000 Hz auf.

Einfluß auf das Frequenzspektrum hat auch die Anschlagart der Waffe. So gibt es im Frequenzbereich bis 1000 Hz große Unterschiede zwischen der liegenden und stehenden Schützenposition.

Für eine frequenzmäßige Ausbreitungsrechnung muß deshalb unbedingt zwischen liegender und stehender Haltung unterschieden werden.

Auswirkungen auf die Schalleistung der Waffe hat die Anschlagart allerdings kaum. Hier kann von der gleichen Schalleistung ausgegangen werden.

Die ermittelten Emissionskenngößen der Messung befinden sich im

Anhang 44.

Die Genauigkeit der **Richtcharakteristik** wird durch die Anzahl der Meßrichtungen bestimmt. Je mehr Meßrichtungen vorliegen, desto genauer kann die Richtcharakteristik der Waffe beschrieben werden.

Für drei Meßrichtungen ergab sich mit Gleichung (2.7) und (2.9) eine relativ genaue Richtcharakteristik.

Da der Einbezug einer vierten Meßrichtung keine bedeutende Verbesserung der Richtwirkungsfunktion ergab, müssten für eine genauere Beschreibung mindestens fünf Meßpositionen berücksichtigt werden.

Ob allerdings der zusätzliche Meß- und Rechenaufwand die gewonnene Genauigkeit rechtfertigt, sei dahin gestellt, denn eine zuverlässige Funktion kann bereits aus drei Meßpositionen ohne große Schwierigkeiten bestimmt werden.

Bei einer Beschränkung auf drei Meßpunkte empfiehlt sich zur Bestimmung der Funktion Gleichung (2.9).

Eine weitere Einsparung des Rechenaufwands bei drei Meßpunkten ließe sich erzielen, wenn man die drei Meßwinkelkombinationen vorgibt.

So könnte man die drei Gewichtsgößen bei den Meßrichtungen $\Phi = 45^\circ, 90^\circ$ und 180° direkt aus Gleichung (2.12) bestimmen.

$$\begin{aligned} g_0 &= 0,414 L_{W,j,45^\circ} + 0,293 L_{W,j,90^\circ} + 0,293 L_{W,j,180^\circ} - L_{W,j,m} \\ g_1 &= 0,828 L_{W,j,45^\circ} - 0,414 L_{W,j,90^\circ} - 0,414 L_{W,j,180^\circ} \\ g_2 &= 0,414 L_{W,j,45^\circ} - 0,707 L_{W,j,90^\circ} + 0,293 L_{W,j,180^\circ} \end{aligned} \quad (2.12)$$

$L_{W,j,45^\circ}$ [dB(A)] = Schalleistungspegel des Mündungsknalls der Frequenz j im Winkel 45° zur Schußrichtung

$L_{W,j,90^\circ}$ [dB(A)] = Schalleistungspegel des Mündungsknalls der Frequenz j im Winkel 90° zur Schußrichtung

$L_{W,j,180^\circ}$ [dB(A)] = Schalleistungspegel des Mündungsknalls der Frequenz j im Winkel 180° zur Schußrichtung

$L_{W,j,m}$ [dB(A)] = Mittelwert der maximalen Schalleistungspegel der Frequenz j aller Meßpunkte

3 Messung der Schießimmission

3.1 Die Auswahl der Schießanlage

Die Auswahl der Schießanlage wurde unter folgenden Gesichtspunkten getroffen :

- Entfernung

Um die Anfahrtswege vom Umweltamt Kassel möglichst klein zu halten, sollte sich die Schießanlage in Kassel bzw. in der näheren Umgebung befinden.

- Schutzvorrichtung

Die Anlage sollte mit Seitenwällen und Hochblenden ausgerüstet sein.

- Schallhindernisse

Im Nahbereich des Geländes sollten keine bzw. nur wenige Schallhindernisse vorhanden sein.

- Zugänglichkeit

Die Schießanlage sollte von möglichst vielen Seiten gut zugänglich sein.

- Störgeräusche

Die Schießgeräuschimmission sollte von Fremdgeräuschen (z.B. stark befahrene Straßen) so weit wie möglich unbeeinflusst bleiben.

Für die Untersuchungen der Schießgeräuschimmissionen wurden mehrere Schießanlagen in und um Kassel besichtigt. Gute Meßbedingungen bot die Schießanlage in Homberg an der Efze, so daß die Messung mit dem Einverständnis des Schützenvereins an dieser Anlage durchgeführt wurde.

3.2 Örtliche Situation

Das Schießgelände liegt an einem Berg, der nach Norden, Süden und Westen über ca. 500 m leicht abfällt. Das abfallende Gelände besteht aus Feldern und Äckern, die vorwiegend landwirtschaftlich genutzt werden.

Im Osten grenzt eine Sportanlage an das Schützengelände an.

In einer Entfernung von ca. 350 m beginnen nordöstlich, östlich und südlich der Schießanlage Wohngebiete.

Im Nahbereich der Schießanlage befindet sich in nordöstlicher Richtung in 100 m Entfernung ein zweistöckiges Gebäude des Kreisbauernverbandes. Ansonsten befinden sich keine Schallhindernisse in Anlagennähe.

Die Anlage besitzt für Langwaffen zwölf 50 m Bahnen, von denen vier auch für 100 m genutzt werden können. Neben den Bahnen für die Langwaffen befinden sich zehn 25 m Bahnen für Kurzwaffen. Diese zehn Bahnen für Kurzwaffen sind in der Mitte durch eine 0,30 m dicke und 3,50 m hohe Mauer getrennt. Es befinden sich also 5 Bahnen links und fünf Bahnen rechts der Mauer.

In einem Abstand von 3,70 m zum Schützenhaus ist beim Gewehrstand die erste Hochblende errichtet. Die Hochblendenoberkante liegt mit 3,50 m 0,40 m höher als das Dach des Schützenhauses. Des weiteren besitzt das Schützenhaus einen Dachvorbau von 2,00 m.

Beim Pistolenstand beträgt der Abstand des Schützenhauses zur ersten Hochblende 2,00 m. Die Oberkante der Hochblende liegt erneut bei 3,50 m und überragt das Dach des Schützenhauses um 0,60 m.

Die Schußrichtung aller Bahnen ist Südwest.

Ein Grundrißplan der Schießanlage Homberg und ein Lageplan der Umgebung liegen als **Anhang 46** und **Anhang 47** bei.

3.3 Die Auswahl der Waffen und Munition

Bei der Waffen- und Munitionswahl wurden mehrere Möglichkeiten erörtert .

Zur Diskussion standen :

- Die Immissionsmessung nur mit Langwaffen verschiedener Kaliber und verschiedener Munition durchzuführen.
- Die Messung mit Lang- und Kurzwaffen durchzuführen, wobei alle Waffen vom gleichen Punkt abgeschossen werden sollten.
- Die Langwaffen auf dem Gewehrstand und die Kurzwaffen auf dem dafür vorgesehenem Pistolenstand zu schießen.

Für die ersten beiden Punkte sprachen die Vereinfachung der Ausbreitungsrechnung durch den gemeinsamen Emissionspunkt. Aber um bei der Prognoserechnung praxisnah zu bleiben, wurde die dritte Möglichkeit gewählt.

Auch bei der Wahl der Munition erhielt die Praxisnähe den Vorzug. So wurde bei der Messung ausschließlich mit Munition geschossen, die auch im Training und im Wettkampf geschossen wird.

Die Auswahl der Waffen und der Munition sind in **Tabelle 3.1** aufgeführt

Tabelle 3.1 Benutzte Waffen und Munition

Waffe	Kaliber	Lauf­länge	Munition	Mündungsenergie
Revolver Taurus	.357	6''	Geco .38 Spec Wad Cutter	225 J
Gewehr Keppeler UIT-CISM	.308 WIN (7,62x51)	60 cm	Magtech .308 162 Grs VM	3150 J
Revolver Me .38 Marshal	9 mm	2''	RWS Knallpatronen	keine Angaben

3.4 Der Schreckschußrevolver

Oft können Lagepläne und Ausbreitungsrechnungen alleine keine zuverlässige Prognose von Schießgeräuschimmissionen liefern.

Um eine einigermaßen verlässliche Aussage über den entstehenden Schießlärm zu machen, ist auch eine Ortsbegehung notwendig.

Alleine diese Begehung liefert beispielsweise Informationen über vorherrschende Wetterlagen, vorbelastende Grundgeräusche, und ob Sichtverbindung zwischen Schießplatz und den Immissionsorten besteht.

Zusätzlich gibt ein Probeschießen auf dem vorgesehenen Errichtungsgelände für die Schießanlage Aufschluß über möglichen entstehenden Lärm. Gerade bei hügeligem und bergigem Gelände können Reflexionen auftreten, die auf Höhenkarten nicht ohne weiteres erkennbar sind.

Da das Probeschießen mit „scharfer“ Munition aus sicherheitstechnischen Gründen nicht immer möglich ist, kann man sich durch das Abfeuern von Platzmunition behelfen.

Ob allerdings der Knall einer Platzpatrone mit dem Knall von „scharfer“ Munition vergleichbar ist, wurde bei der Prognose nicht erörtert.

Um Vergleichswerte zwischen den verschiedenen Munitionstypen zu erhalten, wurde als dritte Waffe ein Schreckschußrevolver gewählt.

3.5 Die Meßgeräte

Die benutzten Meßgeräte wurden wie bereits bei der Emissionsmessung vor und nach der Messung kalibriert.

Die Abweichung betrug bei allen eingesetzten Meßgeräten $\leq 0,2$ dB(A).

Zusätzlich wurden nach der Messung die benutzten Mikrofone in etwa 70 m Entfernung vom Schützenstand in einer Höhe von 2 m zusammengestellt und zeitgleich eine Serie von 5 Schüssen gemessen.

Die Differenz der gemessenen maximalen Schalldruckpegel betrug weniger als 0,7 dB(A).

3.6 Die Messung

Die Messung wurde als gesteuerte Messung für die in **Tabelle 3.1** beschriebenen Waffen durchgeführt.

Mit jeder Waffe wurde auf der mittleren Schießbahn des jeweiligen Schießstandes eine Serie von 10 Schüssen in 20 Sekunden Abstand abgegeben.

Unter den Winkeln 0° , 90° , 135° und 180° zur Schußrichtung wurde in 4 m Höhe der maximale AF - bewertete Schalldruckpegel gemessen.

Die Abstände der Meßpunkte vom Standort des Gewehrschützen betragen dabei etwa 100 m, 200 m, 400 m und 600 m. Eine geplante Messung in einem Abstand von 800 m wurde wegen zu geringer Schalldruckpegel abgebrochen.

Bei einer Differenz von mehr als 8 dB(A) zwischen dem kleinsten und dem größten Schalldruckpegel einer Serie, wurde aus statistischen Gründen die Schußzahl nach **Tabelle 3.2** erhöht.

Die Immissionswerte befinden sich im **Anhang 48 - Anhang 59**.

Tabelle 3.2 Mindestanzahl der Schüsse

Differenz	Schußzahl
9 dB	+ 2
10 dB	+ 4
11 dB	+ 7
12 dB	+ 9
13 dB	+ 12
14 dB	+ 15
15 dB	+ 18
16 dB	+ 22
17 dB	+ 25
18 dB	+ 28
19 dB	+ 32
20 dB	+ 36
> 20 dB	Abbruch

3.7 Die Immissionsituation

Die am Immissionsort gemessenen Schießgeräusche werden durch verschiedene Größen beeinflusst. Zu den wichtigsten gehören :

- Luftabsorption
- Windrichtung und Windgeschwindigkeit
- Temperaturverhältnisse
- Bodeneinflüsse
- Entfernung zum Emissionsort
- Bewuchs
- Bebauung und Abschirmung

Während die ersten drei Größen für Messungen < 100 m kaum Einfluß haben, sind sie für Messungen in größerer Entfernung unbedingt zu berücksichtigen.

3.7.1 Meteorologische Einflußgrößen

Schallimmissionsmessungen sind unter Bedingungen durchzuführen, die die Schallausbreitung begünstigen, dazu zählt die Mitwindsituation oder die Inversionswetterlage.

Die Mitwindbedingung ist erfüllt, wenn die über 5 Minuten gemittelte Windrichtung innerhalb eines Winkels von $\pm 45^\circ$ um die Verbindungslinie Schallquellenmittelpunkt - Meßort schwankt. Sie ist ebenfalls erfüllt, wenn die Schwankung der momentanen Windrichtung den Winkel von $\pm 60^\circ$ zu dieser Verbindungslinie nicht überschreitet.

Der Momentanwert der Windgeschwindigkeit sollte dabei mindestens 1 m/s betragen. Da sich die Meßpositionen auf einem Halbkreis zwischen 0° und 180° bewegen, wäre die Mitwindbedingung nur für einzelne Punkte erfüllt. Um aber zeitgleich alle Richtungen erfassen zu können, wurde die Messung unter Inversionsbedingungen durchgeführt.

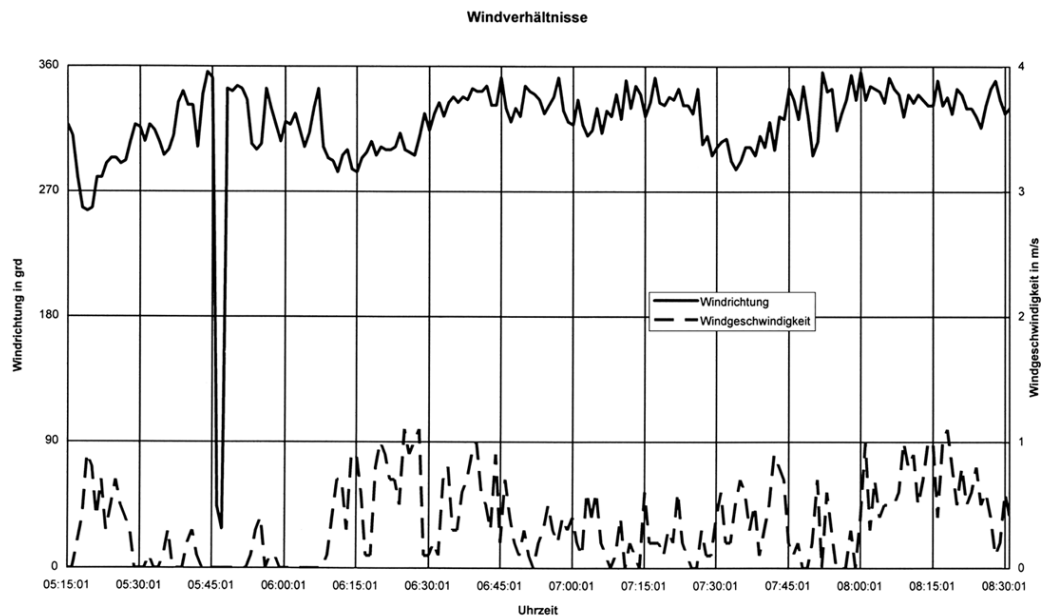
Inversionswetterlagen herrschen meistens in den frühen Morgen- oder in den späten Abendstunden vor, so daß die Messung um 6⁰⁰ Uhr in der Frühe erfolgte.

Zur Erfassung der Winddaten wurde eine meteorologische Station aufgebaut, die Windgeschwindigkeit und Windrichtung während der Messung aufzeichnete.

Während der Messung herrschte ausschließlich Nordwestwind mit einer Windgeschwindigkeit zwischen 0 m/s und 1 m/s. Siehe auch **Bild 3.1**.

Die Lufttemperatur betrug 12° C und die Luftfeuchte 90 %.

Bild 3.1 Windverhältnisse während der Messung



3.8 Prognose der Schießgeräuschimmissionen

Für die Prognoserechnung werden drei verschiedene Verfahren unterschieden :

- Getrennte Angaben für Waffen, Munition und Schießstand.
- Zusammenfassende Angaben für Waffen, Munition und Schießstand.
- Vereinfachtes Verfahren ohne Richtwirkungsmaß.

Während das erste Verfahren vorwiegend für Berechnungen offener Schießanlagen eingesetzt werden soll, soll das zweite Verfahren für teilweise abgedeckte Schießstände mit Umschließung angewandt werden.

Das vereinfachte Verfahren dient lediglich zur überschlägigen Immissionsberechnung und findet Verwendung, wenn die Geräuschimmissionen nur für eine oder wenige Richtungen interessieren. Die Art der Schießanlage spielt dabei keine Rolle.

3.8.1 Getrennte Angaben für Waffen, Munition und Schießstand

Dieses Verfahren wird vornehmlich zur Berechnung der Geräuschimmission auf offenen Schießständen angewandt.

Bei diesem Verfahren müssen die Schalleistungspegel $L_{W,m}$, die Richtwirkungsmaße $DI(\Phi)$ und die Anschlagart der Waffen bekannt sein.

Ausgehend von diesen Emissionsdaten der Waffen wird die Schallausbreitung auf der Schießanlage und in der Umgebung berechnet.

Sollten Sicherheitseinrichtungen in Form von Hochblenden und Erdwällen die Schallausbreitung behindern, müssen die auftretenden Reflexionen und Beugungen nach den VDI Richtlinien 2714 und 2720 Blatt 1 berechnet werden.

Da die Mehrzahl der zivil genutzten Schießanlagen zu den geschlossenen Schießständen zählen, wurde der Schwerpunkt dieser Arbeit auf das zweite Verfahren gelegt. Für Berechnungen der Schallimmissionen auf offenen Schießständen können die im Kapitel 2 gewonnenen Emissionswerte einbezogen werden.

3.8.2 Zusammenfassende Angaben für Waffen, Munition und Schießstand

Der Einsatz dieses Berechnungsverfahren soll sich hauptsächlich auf Schützenstände mit Umschließung und auf teilweise abgedeckte Schießstände beschränken.

Wie bei der „Getrennten Angabe für Waffen, Munition und Schießstand“, sind auch bei diesem Verfahren die Schalleistung und das Richtwirkungsmaß die Rechengrundlagen.

Hier wird allerdings nicht mit den Emissionswerten der Waffe gerechnet, sondern mit der Schalleistung und dem Richtwirkungsmaß der Schießanlage. Als Emissionsort wird mit der Oberkante der Öffnung im Schützenhaus gerechnet. Alternativ kann auch die Oberkante der ersten Hochblende in Schußrichtung als Emissionsort angenommen werden. Die Emissionswerte der Schießanlage werden wie die Emissionswerte der Waffen ermittelt.

Zur Bestimmung der Schalleistung $L_{w,m}$ und der Gewichtsmaße g wurde in etwa 100 m Entfernung zum Emissionsort in 4 m Höhe der Schalldruck gemessen.

Durch die Höhe des seitlichen Schutzwalles (2,80 m) und der relativen Nähe zur Waffenmündung bestand zwischen Aufpunkt und Emissionsort keine Sichtverbindung.

Geht man allerdings von der Oberkante der ersten Hochblende in Schußrichtung als Emissionsquelle aus, ist diese Verbindung für alle 100 m Meßpositionen gegeben.

Bild 3.2 zeigt die Meßanordnung für die 180° Position.

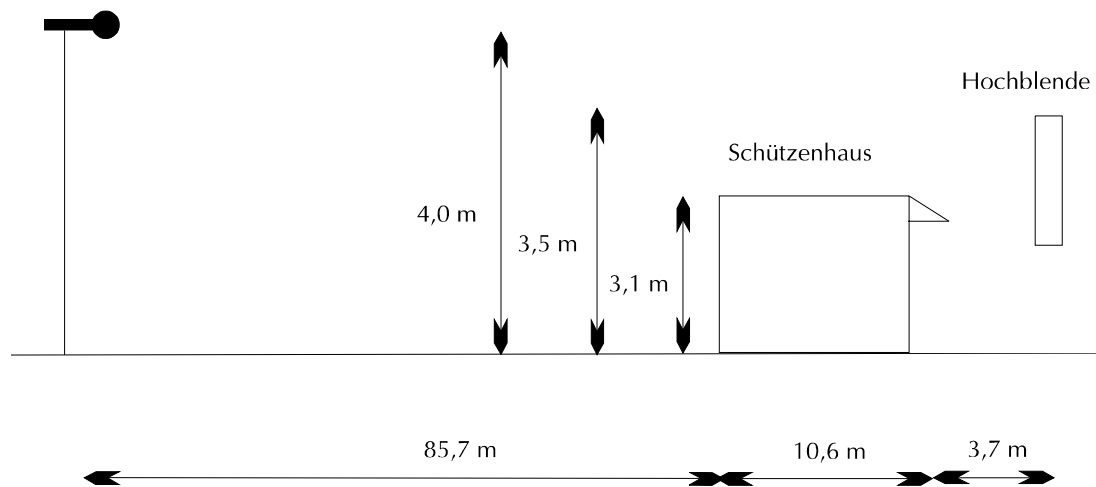


Bild 3.2 Skizze für die 180° Meßposition

Die Berechnung der Schalleistung und der Gewichtsmaße erfolgte durch Gleichung (2.3) bis (2.8). Die Ergebnisse sind für den Gewehr- und Pistolenstand im **Anhang 60** aufgeführt.

Meßergebnisse des Gewehrstandes

Vergleicht man den Schalleistungspegel der Langwaffe auf freiem Gelände mit dem Schalleistungspegel der Waffe in Verbindung mit dem Schützenstand ⁷⁾, so ergibt sich im Mittel eine Pegeldifferenz von etwa 10 dB(A).

Besonders stark ist diese Pegeldifferenz bei den Meßwinkeln 90° und 180° zur Schußrichtung ausgeprägt.

Betrachtet man sich die Pegeldifferenz zwischen dem gemitteltem Schallpegel und dem richtungsabhängigen Pegel, so lassen sich für die verschiedenen Richtungen folgende Aussagen machen :

Für die **Schußrichtung** : In Anlagennähe liegt der richtungsabhängige Pegel um 2 dB(A) höher als der gemittelte Pegel. Aber bereits bei 200 m ⁸⁾ liegt dieser

⁷⁾ Der Schalleistungspegel des Schützenstandes wurde durch Gleichung (2.4) aus den 100 m Meßwerten aller vier Meßrichtungen errechnet.

⁸⁾ Für die 200 m, 400 m und 600 m Messungen bestand keine Sichtverbindung mehr zur ersten Hochblende.

Pegel um 2 dB(A) unter dem Mittelwert und fällt mit zunehmender Entfernung vom Emissionsort weiter.

Eine wesentlich stärkere Abnahme über die Entfernung konnte man unter dem **90° Meßwinkel** beobachten. So stieg die Differenz von 5 dB(A) bei 100 m bis auf 13 dB(A) bei 600 m an.

Im **135° Winkel** zur Schußrichtung wurde eine relativ konstante Differenz festgestellt. So lag bei allen Entfernungen der richtungsabhängige Pegel etwa um 3 dB(A) über dem gemitteltem Pegel.

Tabelle 3.3 Pegelabweichung zum gemitteltem Pegel

Meßwinkel	Entfernung vom Emissionsort			
	100 m	200 m	400 m	600 m
0°	+ 2,1 dB(A)	- 2,2 dB(A)	- 3,9 dB(A)	- 4,4 dB(A)
90°	- 5,6 dB(A)	- 10,0 dB(A)	- 12,3 dB(A)	- 13,5 dB(A)
135°	+ 2,4 dB(A)	+ 4,7 dB(A)	+ 3,9 dB(A)	+ 3,4 dB(A)
180°	- 4,8 dB(A)	- 4,4 dB(A)	+ 0,4 dB(A)	+ 1,5 dB(A)

Nahm der gemessene Pegel bei der 0° und 90° Meßrichtung mit zunehmender Entfernung ab, so konnte man in der **180° Meßrichtung** eine wachsende Verstärkung beobachten. Hier lag bei 100 m der gemessene Pegel noch 5 dB(A) unter dem Mittelwert, stieg dann aber an und lag bei 600 m 2 dB(A) darüber.

Tabelle 3.3 verdeutlicht diese Entwicklung.

Meßergebnisse des Pistolenstandes

Durch die Lage des Pistolenstandes konnten die Meßwinkel 45°, 90°, 135° und 180° nicht exakt eingehalten werden. Besonders bei den Messungen in Anlagennähe traten Abweichungen bis zu 20° auf.

Diese Abweichungen wurden bei der Berechnung der Gewichtsmaße berücksichtigt.

Wie beim Gewehrstand ergab der Vergleich zwischen dem Schalleistungspegel der Waffe auf freiem Gelände mit dem Schalleistungspegel der Waffe in Verbindung mit dem Schützenstand eine relativ hohe Pegeldifferenz.

Betrag sie beim Gewehrstand im Mittel 10 dB(A), so konnte man beim Pistolenstand eine mittlere Abweichung von 18 dB(A) feststellen.

Der Vergleich der Pegeldifferenz zwischen dem richtungsabhängigen Pegel und dem gemitteltem Schallpegel liefert auch beim Pistolenstand ähnliche Ergebnisse :

In **Schußrichtung** und unter dem **90° Meßwinkel** liegt der richtungsabhängige Pegel in der Regel unterhalb des gemittelten Pegel, während bei den **anderen Meßwinkeln** der umgekehrte Fall vorliegt.

3.8.3 Vereinfachtes Verfahren ohne Richtwirkungsmaß

Bei diesem Verfahren erfolgt die Berechnung der Schallausbreitung nur für eine bzw. nur wenige Richtungen. Das Richtwirkungsmaß $DI(\Phi)$ bleibt dabei unberücksichtigt. Die Schalleistung der Waffe berechnet sich lediglich aus dem gemessenen Schalldruckpegel, dem Abstands- und dem Raumwinkelmaß.

Meßort ist der Rand der Anlage, wobei sich der Meßpunkt zwischen 10 m und 50 m von der Emissionsquelle befinden soll.

Vom Emissionspunkt ausgehend wird nur der Schall, der über den Meßpunkt zum Immissionsort gelangt, berücksichtigt.

Oft ist eine Messung am Anlagenrand im Bereich zwischen 10 m und 50 m nicht ohne Einschränkungen möglich. So kann eine Messung durch Erdwälle, Schutzblenden, Gebäudeflächen, dichtem Dickicht oder ähnlichem stark beeinflusst, oder gar unmöglich gemacht werden.

Es stellt sich also die Frage, ob die Messung wirklich zwischen 10 m und 50 m vom Emissionsort durchgeführt werden muss.

Könnte man nicht von einem weiter entfernten Punkt (z.B. 100 m) ebenfalls Aussagen über entstehende Schallimmissionen machen?

Zur Überprüfung dieser Überlegung wurde der Schallweg vom Emissionsort über vier verschiedene Meßorte zum Immissionsort verfolgt, wobei alle Punkte auf einer Linie zum Emissionsort lagen.

Die Werte können dem **Anhang 48** bis **Anhang 59** entnommen werden.

Der Vergleich der Meßreihen zeigt, daß die Bestimmung einer immissionswirksamen Schalleistung unter Einbezug des Abstandsmaßes D_s und des Raumwinkelmaßes K_0 unnötig ist.

Anstatt den gemessenen Schalldruckpegel auf eine Schalleistung zurückzurechnen, kann man die erwartete Immission am Immissionsort direkt aus dem Abstandsverhältnis berechnen :

$$L_I = L_M - 20 \lg \left(\frac{s}{s_M} \right) \quad (3.1)$$

L_I [dB(A)] = Zu erwartende Schalldruckpegel am Immissionsort

L_M [dB(A)] = Gemessener Schalldruckpegel zwischen Emissionsort und Immissionsort

s [dB(A)] = Abstand zwischen Schallquellenmitte und Immissionsort

s_M [dB(A)] = Abstand zwischen Schallquellenmitte und Meßort

Zusätzlich zur Abstandsdämpfung treten noch Dämpfungen durch die Luftabsorption, Boden- und Meteorologiedämpfung und Bewuchsdämpfung auf, so daß sich die zu erwartende Schallimmission durch Gleichung (3.2) beschreiben läßt :

$$L_I = L_M - 20 \lg \left(\frac{s}{s_M} \right) - D_L - D_{BM} - D_D \quad (3.2)$$

D_L [dB(A)] = Luftabsorptionsmaß

D_{BM} [dB(A)] = Boden- und Meteorologiedämpfungsmaß

D_D [dB(A)] = Bewuchsdämpfungsmaß

Ausgehend von Gleichung (3.2) soll für das Gewehr Keppeler eine Ausbreitungsrechnung durchgeführt werden. Als Rechengrößen wurden die Meßwerte der 135° Meßrichtung gewählt :

$$L_M = 90,6 \text{ dB(A)}$$

$$s_M = 70 \text{ m}$$

Da das Gewehr Keppeler im Oktavband um 1000 Hz seinen Höchstwert besitzt, wurde für das Luftabsorptionsmaß D_L überschlägig mit 1000 Hz gerechnet. Für das Boden- und Meteorologiedämpfungsmaß wurde eine mittlere Höhe von 2,75 m zugrunde gelegt.

Daraus ergeben sich die in **Tabelle 3.4** aufgeführten Immissionswerte.

Tabelle 3.4 Berechnung der Schallimmission

s	$20 \lg(s/s_m)$	D_L	D_{BM}	D_D	L_I gerechnet	L_I gemessen
220 m	9,9 dB(A)	0,6 dB(A)	4,3 dB(A)	0 dB(A)	75,8 dB(A)	78,0 dB(A)
500 m	17,1 dB(A)	2,0 dB(A)	4,6 dB(A)	0 dB(A)	66,9 dB(A)	67,0 dB(A)
600 m	18,7 dB(A)	2,4 dB(A)	4,6 dB(A)	0 dB(A)	64,9 dB(A)	66,2 dB(A)

Der Vergleich der gemessenen und gerechneten Schalldruckpegel zeigt eine weitgehende Übereinstimmung der Werte.

Eine Messung zur überschlägigen Berechnung ist demnach nicht auf den Bereich zwischen 10 m und 50 m beschränkt.

Allerdings sollte sich der Meßort in der Nähe des Anlagenrandes befinden und das Mikrofon die seitlichen Schutzwälle überragen, da die Schirmwirkung der Seitenwälle sonst das Ergebnis verfälschen könnte.

4 Schlußbetrachtung

4.1 Die Richtcharakteristik der Waffen

Die Bestimmung des Richtwirkungsmaßes $DI(\Phi)$ aus Gleichung (2.6) ergab für die Meßrichtungen 45° , 90° und 180° eine relativ gute Näherung des Waffenrichtwirkungsmaßes.

Der Einbezug weiterer Meßpunkte nähert die gerechnete Kurve zwar immer stärker dem tatsächlichen Richtwirkungsmaß an, allerdings erfordert die Berechnung der Gewichtsmaße durch Gleichung (2.7) und (2.8) einen nicht unerheblichen Rechenaufwand.

Dieser Rechenaufwand ist es auch, der den Einsatz der Formel bei zuständigen Behörden fraglich werden läßt. Ohne den Einsatz von Rechenprogrammen ist eine Bestimmung der Richtcharakteristik nur bedingt möglich.

Weiterhin sollte man den Meßaufwand überdenken : Sind mehr als drei Meßpositionen wirklich notwendig?

Sicher, man nähert sich durch weitere Meßpunkte ein paar Zehntel dB(A) den tatsächlichen Werten an, aber rechtfertigt der Gewinn an Genauigkeit den zusätzlichen Meß- und Rechenaufwand wirklich? Können bei einer Immissionsmessung dadurch wirklich genauere Werte ermittelt werden?

Wohl kaum, denn alleine die Änderung der Windgeschwindigkeit und Windrichtung während einer Immissionsmessung führt zu Pegeldifferenzen, die wesentlich höher liegen als der Gewinn durch ein genaueres Richtwirkungsmaß der Waffe.

Es wäre also ratsam, sich bei der Berechnung des Richtwirkungsmaßes auf drei Meßrichtungen in etwa gleichverteilten Richtungen zu beschränken.

Als Meßrichtungen würden sich die Winkel 45° , 90° und 180° zur Schußrichtung empfehlen. Diese Richtungen können nicht nur recht gut bestimmt werden (z.B. 10 m hinter dem Schützen, 10 m seitlich, 7,07 m zur Seite und 7,07 m nach vorne), sondern liefern dazu noch ein recht genaues Richtwirkungsmaß.

Zusätzlich kann die aufwendige Berechnung durch Gleichung (2.7) und (2.8) entfallen. Die Berechnung der Gewichtsmaße kann ohne großen Rechenaufwand durch Gleichung (2.12) erfolgen.

4.2 Die Schalleistung der Waffen

Zur Bestimmung der Schalleistung sollte man die Anzahl der Meßpositionen und -winkel festlegen. So ergibt die Berechnung der Schalleistung durch Gleichung (2.4) für den Revolver S & W .38 in liegender Position je nach Meßwinkelkombination zwei unterschiedliche Schalleistungen.

Berücksichtigt man die Schallpegel der Meßwinkel 45°, 90° und 180°, ergibt sich für diese Waffe ein Schalleistungspegel von 133 dB(A).

Rechnet man allerdings mit den Schallpegeln der 60°, 120° und 180° Meßrichtung, liegt die Schalleistung bei 131 dB(A).

Diese Pegeldifferenz wird zwar weitgehend durch das Richtwirkungsmaß kompensiert, aber für Berechnungen ohne Richtwirkungsmaß sollte die Schalleistung der Waffe durch einen konkreten Wert festgelegt werden.

Analog zu Abschnitt 4.1 würde sich auch hier die Beschränkung auf drei Meßpunkte mit den Meßwinkeln 45°, 90° und 180° anbieten.

Die Meßpositionen lassen sich gut bestimmen, und man kann mit ihnen sofort die Gewichtsmaße des Richtwirkungsmaßes ermitteln.

4.3 Emissionswerte

Großkalibrige Kurzwaffen mit einer Lauflänge von 6'' und den Kalibern .38 und .357 können bei der Benutzung von Wad Cutter Munition zu einer Waffengruppe zusammengefasst werden. Sie besitzen bei einer Mittelung der Schallpegel über die 45°, 90° und 180° Meßrichtungen eine Schalleistung von 133 dB(A).

Ein Vergleich mit Waffe Nr. 22 im Anhang A des Müller-BBM Berichts, die als einzige Waffe des Kalibers .38 / .357 mit WC Munition geschossen und über diese Meßwinkel gemittelt wurde, bestätigt diese Aussage.

Auch Langwaffen mit einer Lauflänge von 60 cm und dem Kaliber .308 lassen sich in Kombination mit Vollmantelmunition (Mündungsenergie etwa 3200 J) zu einer Gruppe zusammenfassen. Für diese Gruppe kann man bei einer Pegelmittelung über die Meßwinkel 45°, 90° und 180° mit einer Schalleistung von 144 dB(A) rechnen.

4.4 Erfahrungswerte

Waffen, für die noch keine Emissionswerte vorliegen, können überschlägig mit Gleichung (2.11) und der Spektralkorrekturtabelle der Tabelle 1 des Müller - BBM Berichts beschrieben werden. Allerdings sollten dort die Spektralkorrekturen der großkalibrigen Kurzwaffen korrigiert werden.

Der Vergleich der Pegelwerte in Tabelle A2 des Anhangs und der Spektralkurve in Abbildung 3 mit den Werten der Tabelle 1 zeigt, daß es sich dort bei den tiefen Frequenzen um einen Übertragungsfehler handeln muß.

Weiterhin wäre es ratsam, bei der Spektralkorrektur zwischen der Anschlagart liegend und stehend zu unterscheiden. So können dort je nach Anschlagart Pegelunterschiede bis zu 7 dB(A) auftreten.

4.5 Der Schreckschußrevolver

Der Knall, der durch das Abfeuern von Knallpatronen entsteht, ist vergleichbar mit dem Mündungsknall, der beim Schießen mit „scharfer“ Munition erzeugt wird.

Unterschiede gibt es allerdings beim Frequenzspektrum. So ist das Frequenzspektrum des Schreckschußrevolvers nicht vergleichbar mit dem Spektrum von Kurzwaffen, die „scharf“ geschossen werden. Bei einer Ausbreitungsrechnung sollte dies berücksichtigt und nur mit dem Gesamtschalldruckpegel gerechnet werden.

Für den Revolver Me .38 Marshal ergab sich eine Schalleistung von 137 dB(A). Diese Schalleistung liegt um 4 dB(A) höher als die untersuchten Kurzwaffen der Kaliber .38 und .357, die mit WC Munition geschossen wurden.

4.6 Getrennte Angaben für Waffen, Munition und Schießstand

Dieses Verfahren soll auf offenen Schießständen angewandt werden. Offene Schießstände findet man allerdings fast ausschließlich auf militärischen Schießanlagen. Da solche Anlagen in ihrem Aufbau nahezu identisch sind (Breite der Schießbahn, Abstand zur ersten Hochblende, Höhe der Hochblende usw.), würde sich hier das Verfahren für „Zusammenfassende Angaben für Waffen, Munition und Schießstand“ anbieten.

Ermittelt man für die verschiedenen Zielabstände des Schützen ein zugehöriges Richtwirkungsmaß der Anlage, so können für fast alle Militärschießanlagen recht genaue Prognoserechnungen durchgeführt werden.

4.7 Zusammenfassende Angaben für Waffen, Munition und Schießstand

Die Messung an der Schießanlage in Homberg ergab eine relativ starke Dämpfung des Schalls für die Meßrichtungen 0° und 90° , während der Schall in der 135° und 180° Meßrichtung nur relativ schwach gedämpft wurde.

Da das Schützenhaus eine direkte Schallausbreitung nach hinten verhindert, ist die relativ hohe Schallimmission in der 180° Meßrichtung nur durch Reflexionen an den Hochblenden zu erklären.

Während der Schall in Schußrichtung durch die Hochblenden abgeschwächt wird, sorgen diese für eine Schallverstärkung in der entgegengesetzten Schußrichtung.

Die Oberkante der ersten Blende jedoch pauschal als Ersatzemissionspunkt anzusehen, kann allerdings nicht bestätigt werden.

Sowohl die Hochblende des Pistolen- und des Gewehrstandes überragen das Schützenhaus in Homberg. Für beide Stände müßte sich demnach die gleiche Dämpfung einstellen. Die Dämpfung des Pistolenstandes liegt aber im Schnitt um 6 dB(A) höher.

Die zu erwartende Schallimmission in der 180° Meßrichtung scheint demnach von mehreren Größen abzuhängen. Zu diesen zählen:

- Die Materialverkleidung der Hochblende.
- Die Blendenfläche (-höhe), die das Schützenhaus bzw. die Erdwälle überragt.
- Die Blendenfläche, die aus der Sicht der Waffenmündung zu sehen ist.
- Der Abstand der Waffenmündung zur Hochblende.

Berechnet man die Richtcharakteristik des Gewehrstandes in 100 m Entfernung nach dem Richtlinienmodell des Müller-BBM Berichts und vergleicht sie mit der im Rahmen der Arbeit gemessenen Richtcharakteristik, lassen sich große Unterschiede erkennen:

Die Berechnung mit dem Prognosemodell ergab für den hinteren Bereich zwischen 90° und 270° eine enorme Verstärkung des Schallpegels.

Für die 180° Meßrichtung ergäbe sich, unter Berücksichtigung einer Dämpfung des Schützenhauses von 10 dB(A), ein Schalldruckpegel von 104 dB(A).

Ein Wert, der in der Praxis bei weitem nicht gemessen wurde.

Bild 4.1 zeigt einen graphischen Vergleich.

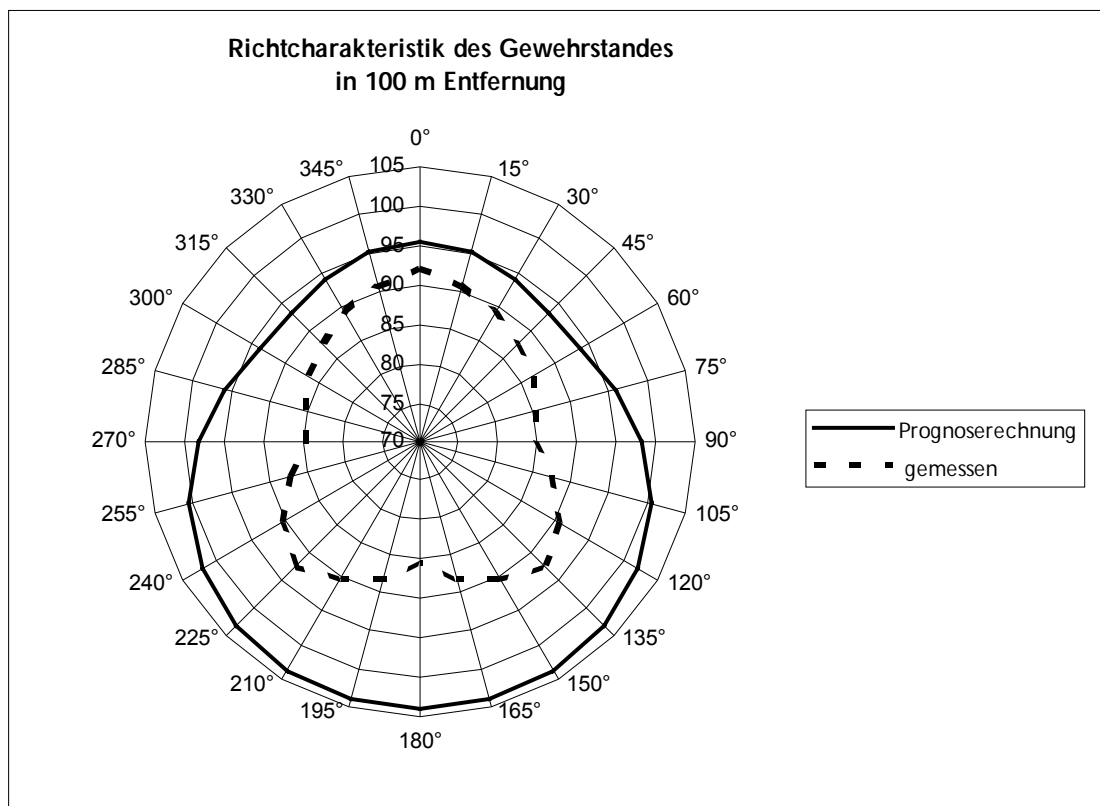


Bild 4.1 Vergleich Prognoserechnung mit tatsächlicher Richtcharakteristik

Der Vergleich der Rechnung mit einem willkürlich gewählten Schützenstand zeigt, daß die erwartete Schallimmission in dieser Form nicht zuverlässig prognostiziert werden kann.

Die Komplexität der Hochblende wird in diesem Modell nicht genügend berücksichtigt.

Die Hochblende grundsätzlich als Spiegel mit den Gewichtsmaßen $g_0 = -4\text{dB(A)}$, $g_1 = -10\text{dB(A)}$ und $g_2 = -2\text{dB(A)}$ anzunehmen, erweist sich dabei als unzureichend.

Vielmehr sollte die Hochblende als Funktion aus mehreren Einflußgrößen bei Berechnungen berücksichtigt werden.

Die Messung in Homberg ergab, daß alleine eine Abstandsänderung des Schützen zur Hochblende zu einer rückwärtigen Pegelminderung von 6dB(A) führte.

Um die Schallabstrahlung in den rückwärtigen Raum einigermaßen genau zu beschreiben, sollte man bei Berechnungen unbedingt den Abstand des Schützen zur ersten Hochblende und die immissionswirksame Hochblendenfläche beachten.

Dieses Zusammenspiel zu untersuchen, übersteigt den Rahmen dieser Arbeit und sollte an anderer Stelle näher untersucht werden.

Ungenügende Kenntnisse über den Einfluß der Hochblenden erschweren, die zu erwartende Schallimmissionen zuverlässig zu prognostizieren. Allerdings ließen sich durch Gleichung (1.1) überschlägig vernünftige Immissionswerte berechnen.

Setzt man dabei für die Schalleistung L_w die gemittelte Schalleistung der Waffe ein und ordnet das Richtwirkungsmaß der Waffe dem Richtwirkungsmaß der Schießanlage unter, so wäre eine Berechnung in einem gewissen Rahmen möglich.

Das Richtwirkungsmaß $DI(\Phi)$ berechnet sich aus Gleichung (2.6) wobei die Gewichtsmaße etwa $g_0 = -11\text{dB(A)}$, $g_1 = -1\text{dB(A)}$ und $g_2 = 4\text{dB(A)}$ betragen. In diesen Werten ist eine Dämpfung der Schießanlage bereits berücksichtigt, so daß man direkt vom Emissionspunkt eine Ausbreitungsrechnung durchführen könnte.

Größere Ungenauigkeiten können entstehen, wenn beim Bau bzw. Umbau der Schießanlage verstärkt schallabsorbierende Materialien verwendet werden. Auch für Immissionsorte, die höher als das Schützengelände liegen, können durch den Einfluß der Hochblenden höhere Werte gemessen werden.

Zwar ähneln sich Schießanlagen in gewisser Weise in ihrem Aufbau (Seitenwälle am Rand der Anlage, Hochblenden in Schußrichtung, Vereinsheim an der rückwärtigen Seite...), doch führen hier bereits kleine Veränderungen wie z.B. die Länge, Breite und Höhe des Vereinsheimes zu Veränderungen des Richtwirkungsmaßes der Schießanlage.

Hier sollten Messungen an mehreren Schießanlagen durchgeführt und ausgewertet werden, um die „typischen“ Gewichtsmaße einer „Standardschießanlage“ zu bestimmen.

4.8 Vereinfachtes Verfahren ohne Richtwirkungsmaß

Das vereinfachte Verfahren ist bei einer Beschränkung des Meßortes auf 10 m bis 50 m vom Emissionsort nur bedingt einsetzbar.

Die Forderung, die Messung zusätzlich am Anlagenrand durchzuführen, schränkt den Einsatzbereich des Verfahrens weiter ein.

Probleme treten bereits auf, wenn man das vereinfachte Verfahren für die Schußrichtung und 100 m Schießbahnen anwenden möchte.

Die durchgeführten Messungen ergaben hier, daß die Abstandsforderung nicht zwingend notwendig ist. Eine Berechnung über Gleichung (3.2) liefert ebenfalls zuverlässige Ergebnisse.

Eine weitere Schwäche des Verfahrens liegt in der Notwendigkeit einer Messung. Da beim vereinfachten Verfahren ausschließlich der Schallweg vom Emissionsort über den Meßort zum Immissionsort berücksichtigt wird, stellt sich die Frage, ob sich der Messort auf den Anlagenrand beschränken muß.

Würde eine Messung direkt am zu untersuchenden Immissionsort nicht genauere Ergebnisse liefern?

Dämpfungen und Verstärkungen, die der Schall auf seinem Ausbreitungsweg erfährt, wären dann bereits berücksichtigt.

Bei der Neuerrichtung einer Schießanlage könnte man von diesem Meßwert ausgehen und davon ein für Schießanlagen spezifisches Dämpfungsmaß subtrahieren.

Dieses Dämpfungsmaß wird je nach Schießanlage variieren. Da es sich um ein überschlägiges Verfahren handelt, könnte man jedoch überschlägig mit 5 dB(A) rechnen.

4.9 Rechenbeispiele

AUFGABENSTELLUNG 1:

Ein Schützenverein plant den Neubau einer Schießanlage. Die Schießanlage soll ausschließlich für Langwaffen genutzt werden. Von allen Waffen, die dort geschossen werden sollen, weist das Kaliber .308 in Verbindung mit Vollmantelgeschossen die größte Schalleistung auf. Die Schalleistung dieser Waffen-/Munitionskombination wurde mit 144 dB(A) bestimmt.

In einem Abstand von 250 m befinden sich 90° zur geplanten Schußrichtung die ersten Häuser einer Wohnsiedlung.

Das Gelände zwischen geplantem Schützengelände und Wohngebiet ist relativ eben und unbebaut.

Mit welchen Schallpegeln ist in diesem Wohngebiet zu rechnen?

Rechnung:

Die Berechnung erfolgt durch Gleichung (1.1).

Die Schalleistung wird mit 145 dB(A) angenommen und das Richtwirkungsmaß der Schießanlage mit den Gewichtsmaßen $g_0 = -11$ dB(A), $g_1 = -1$ dB(A) und $g_2 = 4$ dB(A) beschrieben. Für das Luftabsorptionsmaß wird überschlägig mit 1000 Hz gerechnet. Die letzten drei Terme der Gleichung werden, da sich keine weiteren Schallhindernisse zwischen Anlagenrand und Wohngebiet befinden, mit 0 dB(A) angenommen.

$$L = [145 - 11 - 1 \cos(90^\circ) + 4 \cos(2 \cdot 90^\circ) + 3 - 59 - 1 - 4 - 0 - 0 - 0] \text{ dB(A)}$$

$$= \underline{69 \text{ dB(A)}}$$

AUFGABENSTELLUNG 2 :

Um abzuschätzen, welche Lärmbelästigung bei der Neuerrichtung eines Pistolenstandes entstehen wird, wird auf dem Errichtungsgelände ein Schreckschußrevolver mit einer Schalleistung von 137 dB(A) abgefeuert.

Der Pistolenstand ist für Waffen der Kaliber .38 und .357 geplant.

Als Munition soll ausschließlich Wad Cutter Munition mit einer Mündungsenergie von etwa 250 J benutzt werden.

Welche Schallimmission ist überschlägig zu erwarten, wenn am betreffenden Immissionsort ein Schalldruckpegel von 55 dB(A) gemessen wurde?

Rechnung :

Da die Schallimmission direkt am Immissionsort gemessen wurde, können die Zusatzdämpfungen bei der Schallausbreitung unberücksichtigt bleiben.

Es müssen lediglich das Dämpfungsmaß der Schießanlage und die Schalleistungsdifferenz der Waffen vom Meßwert subtrahiert bzw. addiert werden.

$$L_I = L_M - D_{st} + L_{W .357} - L_{W \text{ Schr.}} \quad (4.1)$$

L_I [dB(A)] = Zu erwartender Schalldruckpegel am Immissionsort

L_M [dB(A)] = Gemessener Schalldruckpegel am Immissionsort

D_{st} [dB(A)] = Dämpfung des Schützenstandes

$L_{W .357}$ [dB(A)] = Schalleistungspegel der zu schießenden Waffen

$L_{W \text{ Schr.}}$ [dB(A)] = Schalleistungspegel des Schreckschußrevolvers

$$\begin{aligned} L_I &= [55 - 5 + 133 - 137] \text{ dB(A)} \\ &= \underline{46 \text{ dB(A)}} \end{aligned}$$

Der gemittelte Einzelschußpegel L_{j,Φ_x} in dB(A) für alle Mittenfrequenzen

Winkel zur Schußrichtung Φ :	45 °			Waffe :				Gewehr Keppeler			
Anschlagart :	liegend			Munition :				Magtech .308 VM			
	Schußnummer										
Oktavmittenfrequenz [Hz]	n=1	n=2	n=3	n=4	n=5	n=6	n=7	n=8	n=9	n=10	x=1
	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,Φ_x}
63	85,3	85,7	85,4	85,6	85,4	85,3	85,5	85,7	85,5	85,7	85,5
125	95,1	95,4	95,2	95,5	95,2	94,9	95,2	95,2	95,2	95,2	95,2
250	104,7	105,1	104,3	104,6	104,4	104,4	104,5	104,2	104,4	104,2	104,5
500	108,6	108,9	108,8	108,9	108,7	108,2	109,2	108,9	108,6	109,2	108,8
1000	115,8	115,3	114,5	114,9	115,1	115,1	115,1	114,4	115,1	114,5	115,0
2000	111,6	112,5	111,8	112,6	112,7	112,6	112,6	111,7	112,8	111,8	112,3
4000	109,1	108,8	108,0	108,6	108,3	108,0	108,5	108,9	107,8	108,6	108,5
8000	102,2	102,8	102,2	102,1	100,9	101,7	102,1	102,4	101,9	101,7	102,0
L_{n,Φ_x}	118,6	118,6	117,9	118,4	118,4	118,3	118,5	118,0	118,4	118,0	118,3

Winkel zur Schußrichtung Φ :	45 °			Waffe :				Revolver Taurus			
Anschlagart :	stehend			Munition :				Geco .38 Spec WC			
	Schußnummer										
Oktavmittenfrequenz [Hz]	n=1	n=2	n=3	n=4	n=5	n=6	n=7	n=8	n=9	n=10	x=1
	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,Φ_x}
63	52,4	52,1	52,0	52,0	51,9	52,2	52,4	52,1	51,9	52,5	52,2
125	66,9	67,1	66,7	67,1	67,0	67,1	67,5	67,0	67,1	67,5	67,1
250	89,7	89,9	89,5	89,5	89,6	89,6	90,1	90,3	89,5	89,7	89,7
500	93,5	94,0	93,6	92,8	93,0	92,8	95,3	96,4	93,4	93,6	94,0
1000	99,8	98,7	98,9	98,2	96,9	98,0	99,4	98,3	98,1	100,7	98,8
2000	103,9	105,5	104,2	104,0	103,2	104,4	104,7	103,5	104,4	105,3	104,4
4000	100,3	99,5	99,8	99,9	99,9	99,6	101,7	98,5	101,1	100,6	100,2
8000	94,4	92,1	94,7	91,5	92,4	92,4	91,1	90,2	92,2	92,1	92,5
L_{n,Φ_x}	107,1	107,5	107,0	106,6	106,0	106,8	107,7	106,3	107,2	107,9	107,0

Winkel zur Schußrichtung Φ :	45 °			Waffe :				Schreckschußrevolver			
Anschlagart :	stehend			Munition :				Knallpatronen			
	Schußnummer										
Oktavmittenfrequenz [Hz]	n=1	n=2	n=3	n=4	n=5	n=6	n=7	n=8	n=9	n=10	x=1
	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,Φ_x}
63	63,8	65,1	63,8	64,3	63,9	64,6	64,7	64,4	65,7	64,4	64,5
125	77,6	78,7	77,4	78,0	77,9	78,1	78,3	77,8	79,5	78,2	78,2
250	91,5	92,5	91,7	91,9	90,9	91,8	91,7	91,8	92,6	91,7	91,8
500	102,7	104,6	102,7	103,4	103,4	103,3	103,8	103,6	104,6	103,5	103,6
1000	107,7	108,7	107,0	107,9	107,0	107,2	107,3	107,7	108,9	107,5	107,7
2000	105,7	106,2	103,5	104,5	105,0	104,2	104,7	105,6	106,3	105,5	105,2
4000	98,5	100,9	97,4	100,5	98,1	97,7	94,9	99,9	99,1	98,7	98,9
8000	91,5	92,9	93,4	93,0	93,2	93,0	92,5	92,5	94,1	92,7	92,9
L_{n,Φ_x}	110,8	111,9	109,8	110,8	110,5	110,2	110,1	111,1	111,8	111,0	110,9

Der gemittelte Einzelschußpegel L_{j,Φ_x} in dB(A) für alle Mittenfrequenzen

Winkel zur Schußrichtung Φ :	90 °			Waffe :				Gewehr Keppeler			
Anschlagart :	liegend			Munition :				Magtech .308 VM			
	Schußnummer										
Oktavmittenfrequenz [Hz]	n=1	n=2	n=3	n=4	n=5	n=6	n=7	n=8	n=9	n=10	x=2
	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,Φ_x}
63	85,3	86,2	85,6	84,9	85,2	85,1	85,1	86,0	84,5	84,8	85,3
125	93,5	94,2	93,8	93,5	93,3	93,6	93,7	94,2	92,8	93,5	93,6
250	101,2	101,1	101,8	101,2	101,2	100,8	101,4	101,6	100,9	101,5	101,3
500	101,6	102,3	103,1	102,8	103,0	102,6	103,2	103,2	102,2	102,4	102,7
1000	107,4	107,8	109,0	106,7	108,9	108,5	107,4	110,3	107,0	107,3	108,2
2000	107,9	106,7	107,2	107,6	106,5	107,1	106,9	106,6	106,7	106,4	107,0
4000	101,2	100,4	99,9	100,7	101,4	102,6	100,2	101,5	100,6	101,9	101,1
8000	95,9	94,1	92,8	91,9	94,3	96,0	92,4	93,2	95,4	93,0	94,1
L_{n,Φ_x}	111,2	111,9	112,6	111,8	112,4	112,5	111,9	113,2	111,6	111,7	112,2

Winkel zur Schußrichtung Φ :	90 °			Waffe :				Revolver Taurus			
Anschlagart :	stehend			Munition :				Geco .38 Spec WC			
	Schußnummer										
Oktavmittenfrequenz [Hz]	n=1	n=2	n=3	n=4	n=5	n=6	n=7	n=8	n=9	n=10	x=2
	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,Φ_x}
63	52,8	52,5	51,6	52,7	52,5	52,4	52,4	52,3	51,7	52,0	52,3
125	63,1	62,6	62,8	63,5	63,1	63,1	63,2	63,0	62,8	63,2	63,0
250	81,9	81,6	81,4	82,9	82,3	82,3	82,7	81,3	81,7	81,7	82,0
500	87,8	86,6	87,9	90,1	90,1	89,2	86,9	85,6	88,5	87,9	88,3
1000	100,3	100,4	100,2	101,4	101,3	100,8	99,9	99,0	100,6	100,4	100,5
2000	99,6	101,0	100,9	101,5	100,6	102,0	101,3	100,0	99,7	100,2	100,7
4000	97,3	96,8	97,1	97,0	98,8	97,5	97,0	98,0	97,5	97,3	97,5
8000	87,6	89,7	90,1	90,2	90,4	88,9	89,4	90,7	89,8	89,5	89,7
L_{n,Φ_x}	104,2	104,8	104,7	105,5	105,4	105,5	104,8	104,2	104,5	104,6	104,8

Winkel zur Schußrichtung Φ :	90 °			Waffe :				Schreckschußrevolver			
Anschlagart :	stehend			Munition :				Knallpatronen			
	Schußnummer										
Oktavmittenfrequenz [Hz]	n=1	n=2	n=3	n=4	n=5	n=6	n=7	n=8	n=9	n=10	x=2
	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,Φ_x}
63	69,8	73,1	69,5	73,2	72,7	69,5	69,3	71,0	70,9	76,3	72,1
125	78,4	80,1	78,8	79,8	79,9	79,1	79,1	79,4	79,3	82,9	79,9
250	91,0	92,5	91,9	92,4	91,5	92,0	90,4	91,8	92,3	93,7	92,0
500	99,5	100,6	100,0	100,4	100,5	100,3	100,7	100,6	100,3	101,8	100,5
1000	102,2	102,8	102,1	103,0	102,2	102,0	102,2	102,0	102,6	104,3	102,6
2000	100,5	102,2	100,0	102,0	102,5	101,1	101,8	102,1	102,4	102,5	101,8
4000	95,8	95,7	96,4	96,5	95,2	95,8	94,7	94,8	94,8	97,2	95,8
8000	87,9	88,7	88,1	90,2	88,7	87,2	88,6	87,4	87,5	89,8	88,5
L_{n,Φ_x}	106,3	107,3	106,3	107,3	107,1	106,6	106,8	106,9	107,1	108,4	107,0

Der gemittelte Einzelschußpegel L_{j,Φ_x} in dB(A) für alle Mittenfrequenzen

Winkel zur Schußrichtung Φ :	180 °				Waffe :				Gewehr Keppeler			
Anschlagart :	liegend				Munition :				Magtech .308 VM			
	Schußnummer											
Oktavmittenfrequenz [Hz]	n=1	n=2	n=3	n=4	n=5	n=6	n=7	n=8	n=9	n=10	x=3	
	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,Φ_x}	
63	66,9	66,5	66,7	67,3	66,6	66,9	66,6	66,9	66,8	67,4	66,9	
125	83,4	83,9	83,8	84,2	83,5	83,8	84,0	84,5	83,9	84,0	83,9	
250	92,4	93,6	93,1	93,4	93,3	93,3	93,0	93,1	93,0	93,0	93,1	
500	98,1	94,4	96,0	95,5	95,8	96,2	95,3	93,8	96,2	96,4	95,9	
1000	100,4	99,7	101,2	105,3	101,6	104,3	100,8	102,9	104,4	101,9	102,6	
2000	104,7	104,0	103,1	104,3	104,2	103,4	102,3	103,2	105,3	104,0	103,9	
4000	100,9	103,2	100,5	104,1	101,5	103,3	101,5	102,4	103,8	101,1	102,4	
8000	96,8	97,4	96,9	96,4	95,5	97,3	94,5	95,9	96,4	97,7	96,6	
L_{n,Φ_x}	108,2	108,2	107,5	109,9	108,1	109,1	107,1	108,2	109,8	108,2	108,5	

Winkel zur Schußrichtung Φ :	180 °				Waffe :				Revolver Taurus			
Anschlagart :	stehend				Munition :				Geco .38 Spec WC			
	Schußnummer											
Oktavmittenfrequenz [Hz]	n=1	n=2	n=3	n=4	n=5	n=6	n=7	n=8	n=9	n=10	x=3	
	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,Φ_x}	
63	50,4	51,2	50,5	51,4	51,3	50,7	51,1	50,2	51,1	51,0	50,9	
125	64,4	64,4	64,3	64,8	64,4	64,5	64,7	64,3	64,4	64,5	64,5	
250	78,4	77,9	78,5	79,9	79,7	79,5	78,3	78,1	78,7	78,1	78,8	
500	84,3	83,3	84,4	85,7	85,9	85,4	84,1	84,1	85,1	83,8	84,7	
1000	93,5	93,5	94,3	94,8	95,1	94,4	93,7	94,5	94,0	93,0	94,1	
2000	95,4	96,0	95,9	96,6	94,9	95,8	95,0	95,3	94,3	95,7	97,5	
4000	97,1	95,1	95,2	94,8	94,6	93,4	95,1	94,7	95,3	95,1	95,1	
8000	90,0	89,5	91,3	90,0	89,4	89,9	91,2	90,3	90,6	91,5	90,4	
L_{n,Φ_x}	100,9	100,3	100,6	100,8	100,2	100,1	100,2	100,2	100,1	100,3	100,4	

Winkel zur Schußrichtung Φ :	180 °				Waffe :				Schreckschußrevolver			
Anschlagart :	stehend				Munition :				Knallpatronen			
	Schußnummer											
Oktavmittenfrequenz [Hz]	n=1	n=2	n=3	n=4	n=5	n=6	n=7	n=8	n=9	n=10	x=3	
	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,Φ_x}	
63	63,3	64,3	63,3	63,9	63,4	64,3	64,0	64,4	63,6	64,9	64,0	
125	74,6	75,6	75,3	75,2	75,4	75,7	75,5	76,0	75,6	77,3	75,7	
250	89,4	89,8	90,0	89,7	89,1	90,3	88,9	90,0	90,5	91,4	90,0	
500	96,1	96,6	96,8	96,4	96,5	97,0	96,2	97,2	96,4	98,4	96,8	
1000	99,3	100,6	98,8	99,7	98,8	99,4	97,2	99,0	100,0	101,8	99,6	
2000	98,2	99,4	96,3	100,3	99,3	98,1	98,3	98,3	100,6	100,8	99,2	
4000	91,3	93,5	92,3	96,2	91,8	90,9	89,8	90,2	94,1	96,6	93,3	
8000	81,7	86,0	86,5	84,7	84,5	87,4	86,1	85,3	84,0	87,2	85,6	
L_{n,Φ_x}	103,3	104,5	103,0	104,7	103,7	103,6	102,6	103,5	104,7	106,1	104,1	

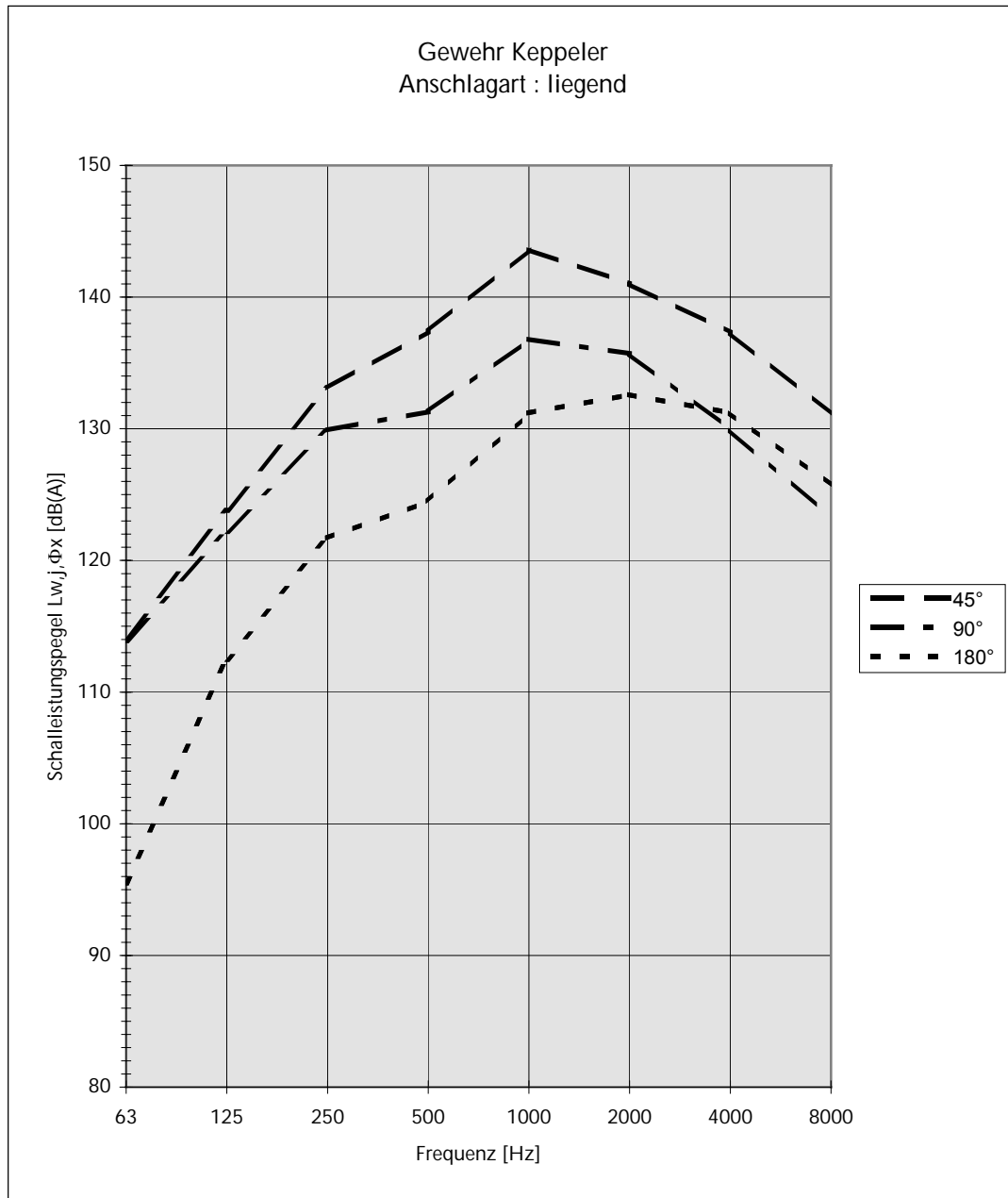
Bestimmung des Gesamtschalleistungspegel $L_{W,m}$ in dB(A)

Waffe :	Gewehr Keppeler									
Oktavmittenfrequenz [Hz]	$L_{j,45^\circ}$ [dB]	$L_{j,90^\circ}$ [dB]	$L_{j,180^\circ}$ [dB]	K_0 [dB]	D_s [dB]	D_L [dB]	$L_{W,j,45^\circ}$ [dB]	$L_{W,j,90^\circ}$ [dB]	$L_{W,j,180^\circ}$ [dB]	$L_{W,j,m}$ [dB]
63	85,5	85,3	66,9	3	31,6	0	114,1	113,9	95,5	112,3
125	95,2	93,6	83,9	3	31,6	0	123,8	122,2	112,5	121,5
250	104,5	101,3	93,1	3	31,6	0	133,1	129,9	121,7	130,2
500	108,8	102,7	95,9	3	31,6	0	137,4	131,3	124,5	133,8
1000	115,0	108,2	102,6	3	31,6	0	143,6	136,8	131,2	139,9
2000	112,3	107,0	103,9	3	31,6	0,1	141,0	135,7	132,6	137,8
4000	108,5	101,1	102,4	3	31,6	0,2	137,3	129,9	131,2	134,1
8000	102,0	94,1	96,6	3	31,6	0,5	131,1	123,2	125,7	127,9
L_{Φ_x}	118,3	112,2	108,5							
$L_{W,m}$							147,0	140,9	137,2	143,5

Waffe :	Revolver Taurus									
Oktavmittenfrequenz [Hz]	$L_{j,45^\circ}$ [dB]	$L_{j,90^\circ}$ [dB]	$L_{j,180^\circ}$ [dB]	K_0 [dB]	D_s [dB]	D_L [dB]	$L_{W,j,45^\circ}$ [dB]	$L_{W,j,90^\circ}$ [dB]	$L_{W,j,180^\circ}$ [dB]	$L_{W,j,m}$ [dB]
63	52,2	52,3	50,9	3	31,3	0	80,5	80,6	79,2	80,1
125	67,1	63,0	64,5	3	31,3	0	95,4	91,3	92,8	93,5
250	89,7	82,0	78,8	3	31,3	0	118,0	110,3	107,1	114,2
500	94,0	88,3	84,7	3	31,3	0	122,3	116,6	113,0	118,9
1000	98,8	100,5	94,1	3	31,3	0	127,1	128,8	122,4	126,8
2000	104,4	100,7	97,5	3	31,3	0,1	132,8	129,1	125,9	130,1
4000	100,2	97,5	95,1	3	31,3	0,2	128,7	126,0	123,6	126,6
8000	92,5	89,7	90,4	3	31,3	0,5	121,3	118,5	119,2	119,8
L_{Φ_x}	107,0	104,8	100,4							
$L_{W,m}$							135,5	133,2	129,5	133,4

Waffe :	Schreckschußrevolver									
Oktavmittenfrequenz [Hz]	$L_{j,45^\circ}$ [dB]	$L_{j,90^\circ}$ [dB]	$L_{j,180^\circ}$ [dB]	K_0 [dB]	D_s [dB]	D_L [dB]	$L_{W,j,45^\circ}$ [dB]	$L_{W,j,90^\circ}$ [dB]	$L_{W,j,180^\circ}$ [dB]	$L_{W,j,m}$ [dB]
63	64,5	72,1	64,0	3	31,3	0	92,8	100,4	92,3	96,9
125	78,2	79,9	75,7	3	31,3	0	106,5	108,2	104,0	106,6
250	91,8	92,0	90,0	3	31,3	0	120,1	120,3	118,3	119,7
500	103,6	100,5	96,8	3	31,3	0	131,9	128,8	125,1	129,4
1000	107,7	102,6	99,6	3	31,3	0	136,0	130,9	127,9	132,9
2000	105,2	101,8	99,2	3	31,3	0,1	133,6	130,2	127,6	131,2
4000	98,9	95,8	93,3	3	31,3	0,2	127,4	124,3	121,8	125,1
8000	92,9	88,5	85,6	3	31,3	0,5	121,7	117,3	114,4	118,8
L_{Φ_x}	110,9	107,0	104,1							
$L_{W,m}$							139,4	135,4	132,5	136,6

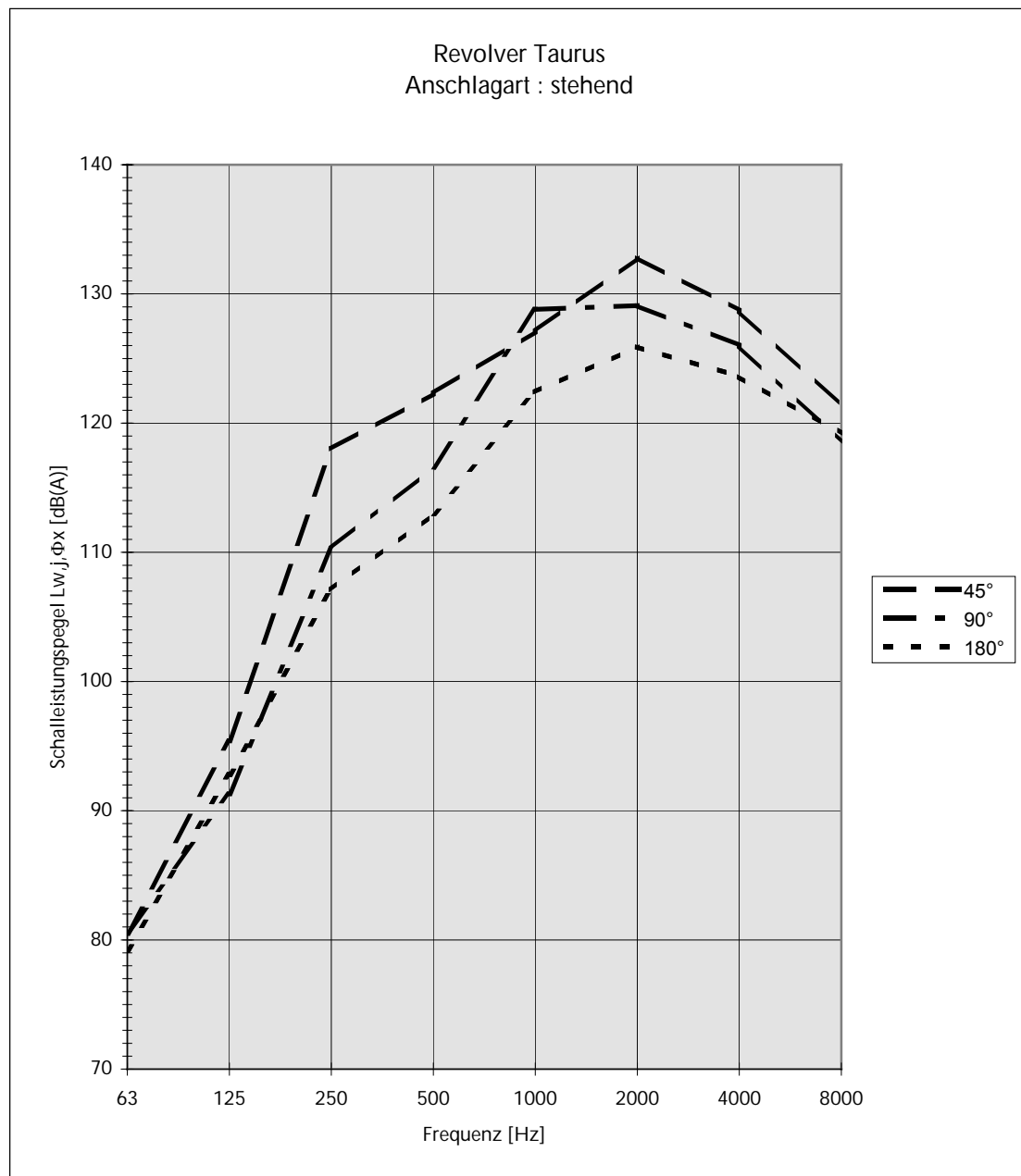
Frequenzspektrum Gewehr Keppeler



Schalleistungspegel in dB(A) für die Meßrichtungen 45°, 90° und 180°

Freq.	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	8 kHz
45°	114,1	123,8	133,1	137,4	143,6	141,0	137,3	131,1
90°	113,9	122,2	129,9	131,3	136,8	135,7	129,9	123,2
180°	95,5	112,5	121,7	124,5	131,2	132,6	131,2	125,7

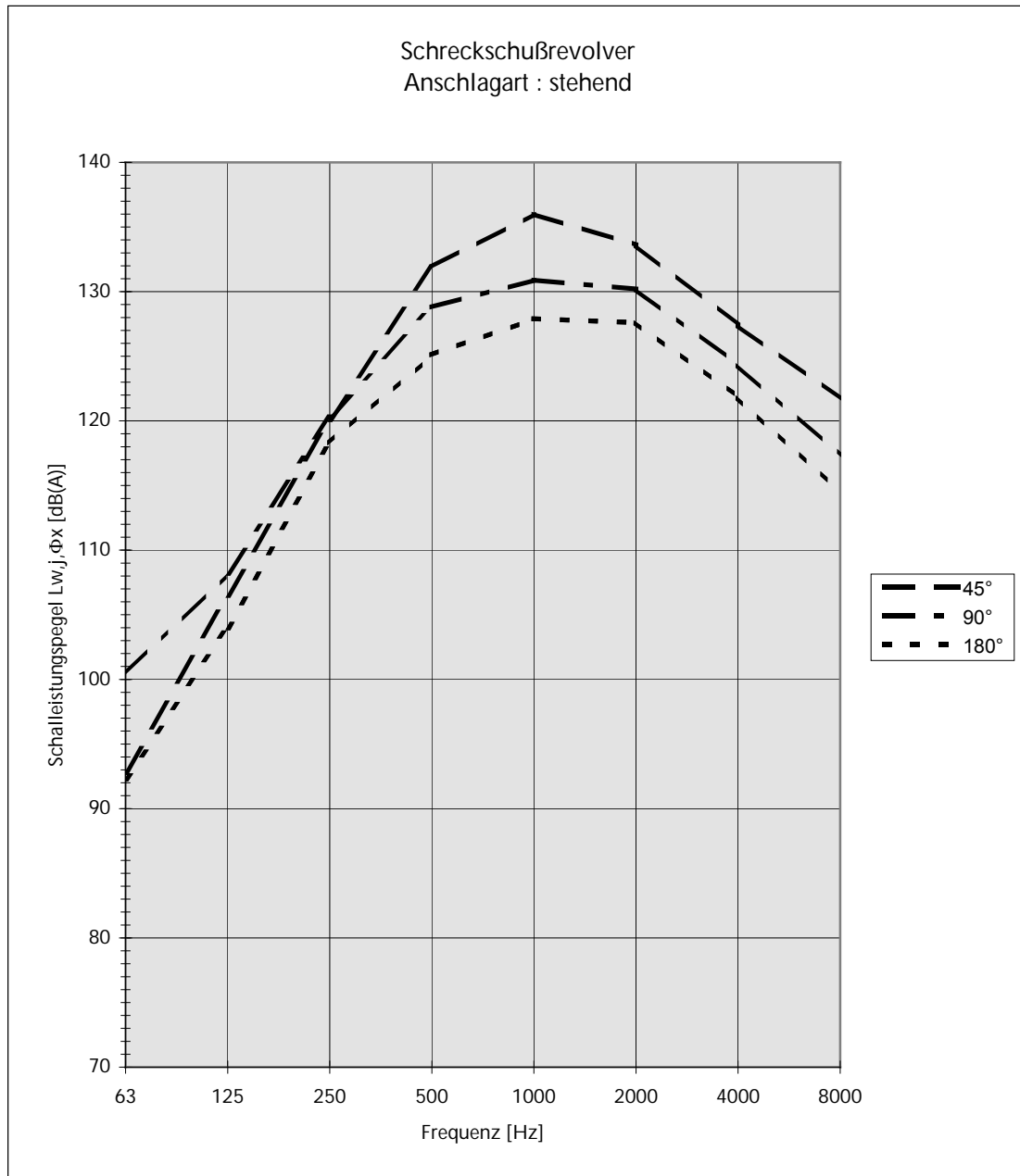
Frequenzspektrum Revolver Taurus



Schalleistungspegel in dB(A) für die Meßrichtungen 45°, 90° und 180°

Freq.	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	8 kHz
45°	80,5	95,4	118,0	122,3	127,1	132,8	128,7	121,3
90°	80,6	91,3	110,3	116,6	128,8	129,1	126,0	118,5
180°	79,2	92,8	107,1	113,0	122,4	125,9	123,6	119,2

Frequenzspektrum Schreckschußrevolver

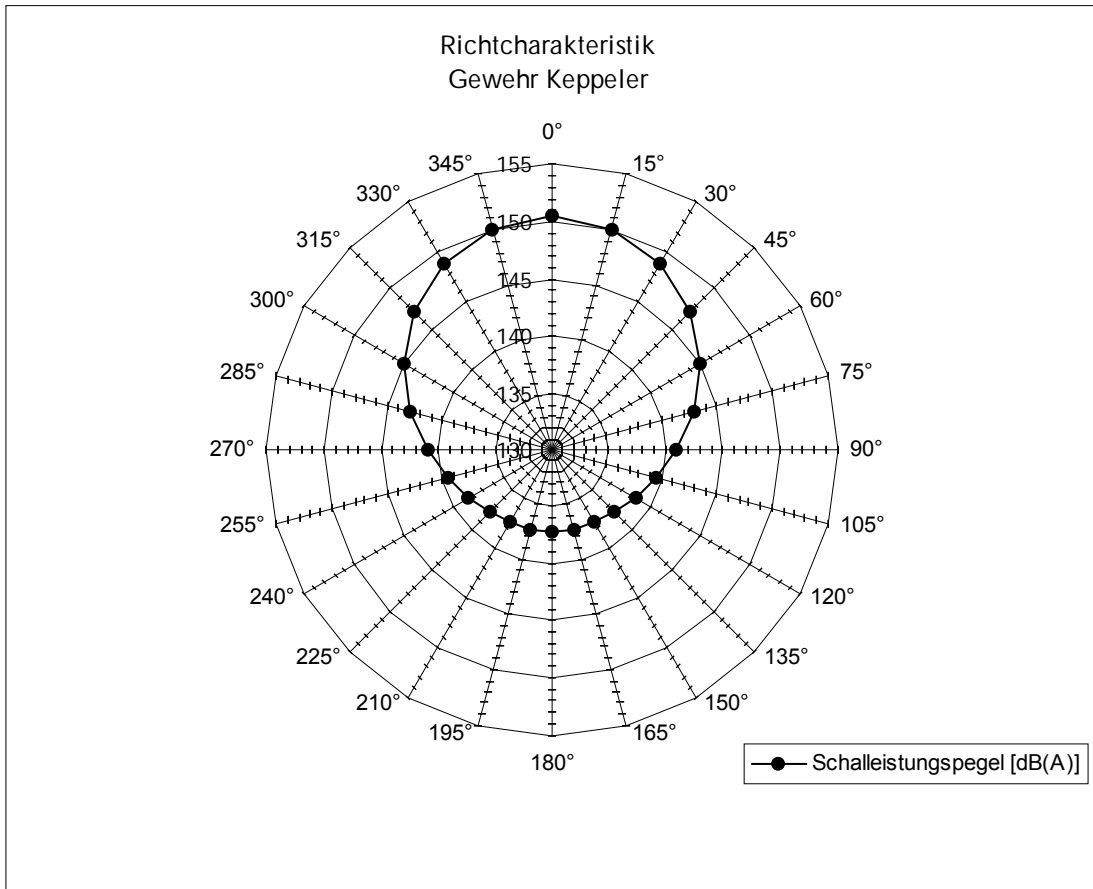


Schalleistungspegel in dB(A) für die Meßrichtungen 45°, 90° und 180°

Freq.	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	8 kHz
45°	92,8	106,5	120,1	131,9	136,0	133,6	127,4	121,7
90°	100,4	108,2	120,3	128,8	130,9	130,2	124,3	117,3
180°	92,3	104,0	118,3	125,1	127,9	127,6	121,8	114,4

Richtcharakteristik Gewehr Keppeler

gerechnet aus den Winkeln 45°, 90° und 180°



Winkel Schalleistung [dB(A)]

0° 150,37

15° 149,95

30° 148,77

45° 147,00

60° 144,91

75° 142,79

90° 140,90

105° 139,39

120° 138,33

135° 137,68

150° 137,36

165° 137,23

Winkel Schalleistung [dB(A)]

180° 137,20

195° 137,23

210° 137,36

225° 137,68

240° 138,33

255° 139,39

270° 140,90

285° 142,79

300° 144,91

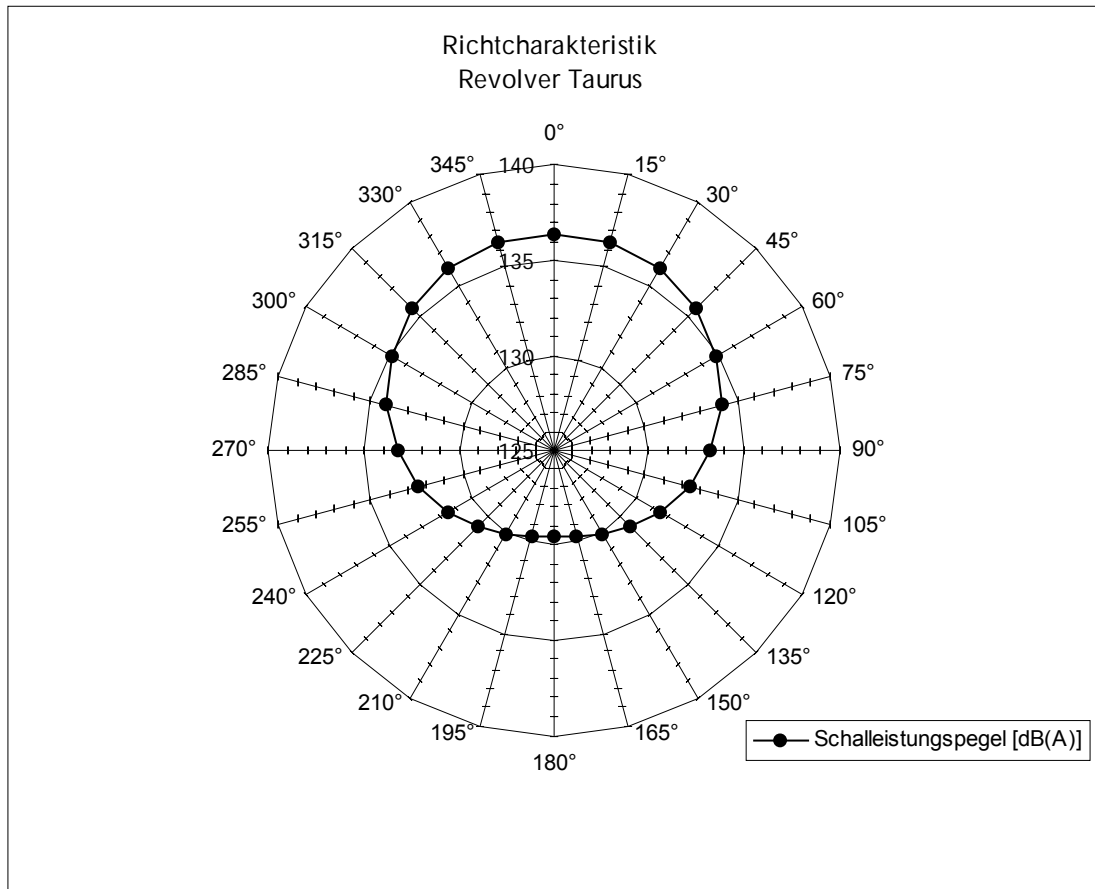
315° 147,00

330° 148,77

345° 149,95

Richtcharakteristik Revolver Taurus

gerechnet aus den Winkeln 45°, 90° und 180°



Winkel Schalleistung [dB(A)]

0° 136,38

15° 136,28

30° 135,98

45° 135,50

60° 134,86

75° 134,08

90° 133,20

105° 132,30

120° 131,42

135° 130,64

150° 130,03

165° 129,64

Winkel Schalleistung [dB(A)]

180° 129,50

195° 129,64

210° 130,03

225° 130,64

240° 131,42

255° 132,30

270° 133,20

285° 134,08

300° 134,86

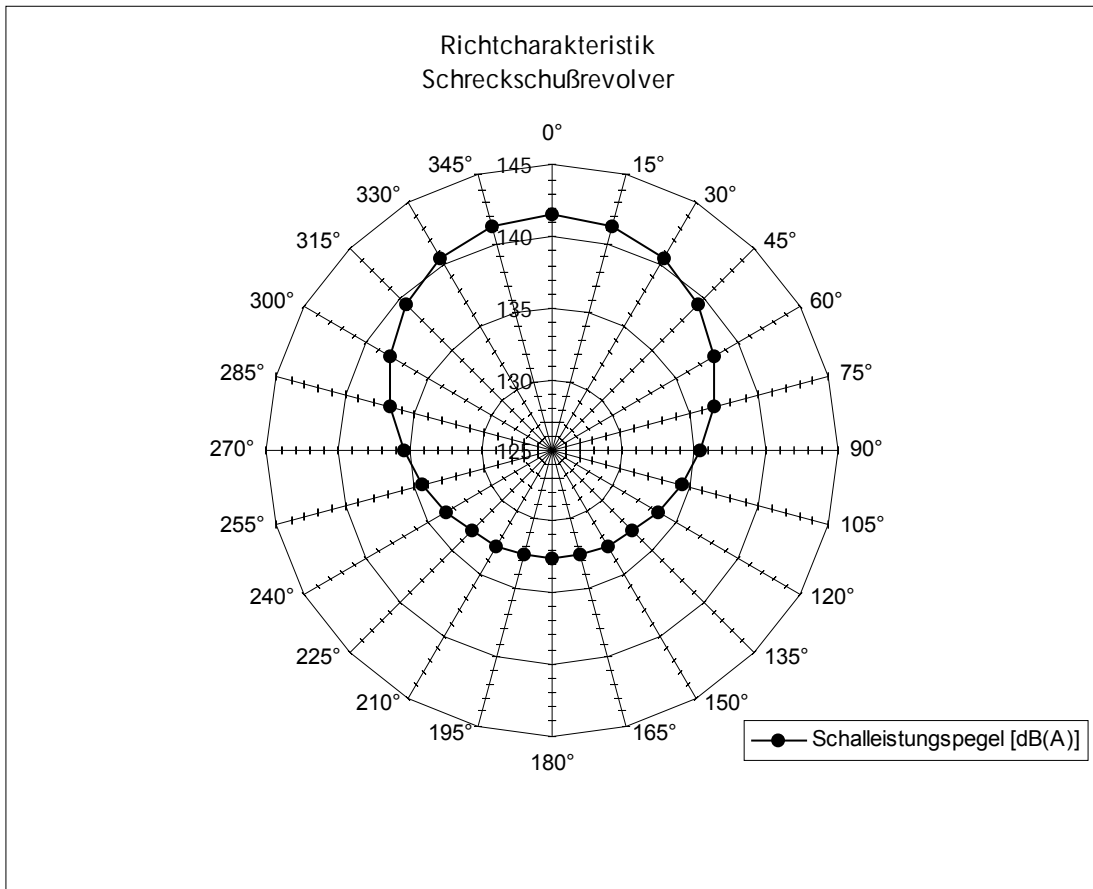
315° 135,50

330° 135,98

345° 136,28

Richtcharakteristik Schreckschußrevolver

gerechnet aus den Winkeln 45°, 90° und 180°



Winkel Schalleistung [dB(A)]

0°	141,53
15°	141,27
30°	140,52
45°	139,40
60°	138,06
75°	136,68
90°	135,40
105°	134,34
120°	133,55
135°	133,02
150°	132,70
165°	132,55

Winkel Schalleistung [dB(A)]

180°	132,50
195°	132,55
210°	132,70
225°	133,02
240°	133,55
255°	134,34
270°	135,40
285°	136,68
300°	138,07
315°	139,40
330°	140,52
345°	141,27

Der gemittelte Einzelschußpegel L_{j,Φ_x} in dB(A) für das Gewehr Keppeler

Vergleich : Anschlagart *liegend* und *stehend*

Winkel zur Schußrichtung Φ :		0°		Waffe :		Gewehr Keppeler	
Anschlagart :		liegend		Munition :		Magtech .308	
Schußnummer							
Oktavmitten- frequenz [Hz]	n=1 L_{j,n,Φ_x}	n=2 L_{j,n,Φ_x}	n=3 L_{j,n,Φ_x}	n=4 L_{j,n,Φ_x}	n=5 L_{j,n,Φ_x}	x=1 L_{j,Φ_x}	
63	77,3	77,7	77,7	77,9	77,7	77,7	
125	96,6	96,3	96,5	96,8	96,5	96,5	
250	108,1	107,5	107,7	108,0	108,2	107,9	
500	107,2	107,9	107,5	107,3	107,1	107,4	
1000	117,4	118,2	117,5	118,0	117,6	117,8	
2000	112,9	114,1	113,2	113,4	113,2	113,4	
4000	112,4	112,0	111,9	112,3	112,4	112,2	
8000	105,1	104,8	104,0	104,7	105,0	104,7	
L_{n,Φ_x}	120,3	120,9	120,3	120,7	120,5	120,5	

Winkel zur Schußrichtung Φ :		0°		Waffe :		Gewehr Keppeler	
Anschlagart :		stehend		Munition :		Magtech .308	
Schußnummer							
Oktavmitten- frequenz [Hz]	n=1 L_{j,n,Φ_x}	n=2 L_{j,n,Φ_x}	n=3 L_{j,n,Φ_x}	n=4 L_{j,n,Φ_x}	n=5 L_{j,n,Φ_x}	x=1 L_{j,Φ_x}	
63	76,0	76,0	75,9	76,1	76,0	76,0	
125	87,1	87,7	87,3	87,2	87,1	87,3	
250	109,4	108,6	108,8	109,4	108,9	109,0	
500	113,6	113,8	113,7	114,1	114,2	113,9	
1000	115,8	116,2	116,3	116,2	116,8	116,3	
2000	113,8	114,6	113,8	114,7	114,1	114,2	
4000	113,0	112,8	112,9	113,2	112,7	112,9	
8000	105,6	105,1	105,4	105,3	105,4	105,4	
L_{n,Φ_x}	120,7	120,9	120,8	121,1	121,1	120,9	

Der gemittelte Einzelschußpegel L_{j,Φ_x} in dB(A) für das Gewehr Keppeler

Vergleich : Anschlagart *liegend* und *stehend*

Winkel zur Schußrichtung Φ :	45°		Waffe :	Gewehr Keppeler		
Anschlagart :	liegend		Munition :	Magtech .308		
	Schußnummer					
Oktavmittenfrequenz [Hz]	n=1	n=2	n=3	n=4	n=5	x=2
	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,Φ_x}
63	85,9	86,0	85,3	86,0	86,0	85,8
125	98,1	98,1	97,1	97,8	97,8	97,8
250	102,4	103,8	102,4	102,1	102,2	102,6
500	108,1	107,6	108,3	109,0	109,0	108,4
1000	116,6	114,7	116,1	116,0	116,8	116,1
2000	112,7	110,7	112,1	113,1	111,8	112,2
4000	108,3	110,8	109,4	110,4	108,8	109,6
8000	101,4	100,9	99,3	102,0	99,9	100,8
L_{n,Φ_x}	119,1	118,0	118,8	119,2	119,1	118,9

Winkel zur Schußrichtung Φ :	45°		Waffe :	Gewehr Keppeler		
Anschlagart :	stehend		Munition :	Magtech .308		
	Schußnummer					
Oktavmittenfrequenz [Hz]	n=1	n=2	n=3	n=4	n=5	x=2
	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,Φ_x}
63	86,7	84,1	87,1	86,3	85,9	86,1
125	94,0	92,1	94,4	93,4	93,4	93,5
250	108,9	108,4	108,7	108,4	108,8	108,6
500	113,0	112,8	112,5	112,3	113,0	112,7
1000	113,7	114,5	114,9	114,1	114,0	114,3
2000	110,5	111,9	112,0	112,2	111,7	111,7
4000	110,4	109,6	109,7	109,3	109,2	109,7
8000	101,5	101,5	101,2	101,2	101,0	101,3
L_{n,Φ_x}	118,8	119,1	119,2	118,8	118,9	118,9

Der gemittelte Einzelschußpegel L_{j,Φ_x} in dB(A) für das Gewehr Keppeler

Vergleich : Anschlagart *liegend* und *stehend*

Winkel zur Schußrichtung Φ :	90°			Waffe :	Gewehr Keppeler	
Anschlagart :	liegend			Munition :	Magtech .308	
Schußnummer						
Oktavmittenfrequenz [Hz]	n=1	n=2	n=3	n=4	n=5	x=3
	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,Φ_x}
63	89,1	88,6	89,5	87,3	85,3	88,2
125	98,3	97,0	98,0	96,9	95,7	97,3
250	101,4	100,8	101,1	100,3	98,5	100,5
500	101,5	101,6	100,9	103,0	103,6	102,2
1000	107,8	108,6	109,7	109,4	109,1	109,0
2000	105,8	104,3	104,1	105,3	105,4	105,0
4000	103,2	102,4	102,8	103,0	99,8	102,4
8000	95,4	97,1	94,3	95,0	95,8	95,6
L_{n,Φ_x}	112,1	112,0	112,5	112,6	112,2	112,3

Winkel zur Schußrichtung Φ :	90°			Waffe :	Gewehr Keppeler	
Anschlagart :	stehend			Munition :	Magtech .308	
Schußnummer						
Oktavmittenfrequenz [Hz]	n=1	n=2	n=3	n=4	n=5	x=3
	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,Φ_x}
63	84,3	76,4	80,8	80,3	83,3	81,8
125	91,8	89,6	89,5	89,9	91,2	90,5
250	105,5	105,1	104,4	105,4	105,6	105,2
500	108,2	107,5	107,4	108,1	107,7	107,8
1000	107,8	107,3	108,4	107,7	107,4	107,7
2000	105,6	107,5	105,1	106,2	106,9	106,3
4000	102,2	102,3	100,7	102,3	100,4	101,7
8000	94,8	96,5	98,9	97,0	97,8	97,2
L_{n,Φ_x}	113,5	113,5	113,2	113,6	113,5	113,5

Der gemittelte Einzelschußpegel L_{j,Φ_x} in dB(A) für das Gewehr Keppeler

Vergleich : Anschlagart *liegend* und *stehend*

Winkel zur Schußrichtung Φ :		180°		Waffe :		Gewehr Keppeler	
Anschlagart :		liegend		Munition :		Magtech .308	
Schußnummer							
Oktavmitten- frequenz [Hz]	n=1	n=2	n=3	n=4	n=5	x=4	
	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,Φ_x}	
63	69,1	70,2	69,2	68,0	69,4	69,2	
125	82,3	82,3	81,9	82,0	82,4	82,2	
250	90,8	90,7	90,7	90,6	90,9	90,7	
500	93,9	93,6	94,0	93,3	94,1	93,8	
1000	103,8	102,3	101,3	103,5	102,3	102,7	
2000	103,4	103,9	103,0	104,0	105,4	104,0	
4000	101,7	102,0	100,7	99,5	99,7	100,8	
8000	96,6	98,7	95,8	96,2	95,6	96,7	
L_{n,Φ_x}	108,4	108,4	107,2	108,1	108,4	108,1	

Winkel zur Schußrichtung Φ :		180°		Waffe :		Gewehr Keppeler	
Anschlagart :		stehend		Munition :		Magtech .308	
Schußnummer							
Oktavmitten- frequenz [Hz]	n=1	n=2	n=3	n=4	n=5	x=4	
	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,Φ_x}	
63	67,8	66,8	67,6	67,5	69,6	68,0	
125	78,9	78,9	79,2	79,2	78,7	79,0	
250	94,5	94,5	94,6	94,9	94,6	94,6	
500	95,8	96,2	96,0	96,7	96,3	96,2	
1000	102,0	101,2	100,7	102,3	100,9	101,5	
2000	103,8	103,9	103,6	104,6	103,4	103,9	
4000	100,2	98,7	100,6	100,3	100,4	100,1	
8000	95,9	96,2	96,7	98,6	96,2	96,8	
L_{n,Φ_x}	107,8	107,5	107,6	108,6	107,5	107,8	

Der gemittelte Einzelschußpegel L_{j,Φ_x} in dB(A) für den Revolver S & W .38
Vergleich : Anschlagart *liegend* und *stehend*

Winkel zur Schußrichtung Φ :		0°		Waffe :		Revolver S & W .38	
Anschlagart :		liegend		Munition :		Geco .38 Spec WC	
		Schußnummer					
Oktavmitten- frequenz [Hz]	n=1	n=2	n=3	n=4	n=5	x=1	
	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,Φ_x}	
63	53,6	53,9	53,7	53,5	53,7	53,7	
125	73,6	73,4	73,2	73,0	73,8	73,4	
250	89,0	88,5	88,2	87,6	89,6	88,6	
500	94,1	93,1	92,5	91,8	96,0	93,8	
1000	106,0	105,4	106,0	105,6	104,8	105,6	
2000	100,1	101,7	101,9	101,4	101,7	101,4	
4000	96,9	97,6	97,7	96,2	98,0	97,3	
8000	92,1	90,7	91,1	90,8	92,8	91,6	
L_{n,Φ_x}	107,8	107,7	108,1	107,6	107,6	107,8	

Winkel zur Schußrichtung Φ :		0°		Waffe :		Revolver S & W .38	
Anschlagart :		stehend		Munition :		Geco .38 Spec WC	
		Schußnummer					
Oktavmitten- frequenz [Hz]	n=1	n=2	n=3	n=4	n=5	x=1	
	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,Φ_x}	
63	51,6	51,9	51,7	51,7	51,7	51,7	
125	63,2	63,4	63,3	63,2	63,3	63,3	
250	88,9	89,1	89,0	88,7	89,3	89,0	
500	99,4	99,7	99,2	98,3	99,8	99,3	
1000	106,2	106,8	106,5	106,6	106,0	106,4	
2000	103,4	103,0	102,6	103,3	102,8	103,0	
4000	100,3	100,5	100,3	100,6	101,2	100,6	
8000	91,2	91,8	92,6	91,5	96,0	93,0	
L_{n,Φ_x}	109,3	109,6	109,3	109,4	109,4	109,4	

Der gemittelte Einzelschußpegel L_{j,Φ_x} in dB(A) für den Revolver S & W .38

Vergleich : Anschlagart *liegend* und *stehend*

Winkel zur Schußrichtung Φ :	30°		Waffe :	Revolver S & W .38		
Anschlagart :	liegend		Munition :	Geco .38 Spec WC		
	Schußnummer					
Oktavmittenfrequenz [Hz]	n=1	n=2	n=3	n=4	n=5	x=2
	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,Φ_x}
63	53,3	53,4	52,8	52,8	52,9	53,0
125	72,7	72,4	72,3	72,3	72,0	72,3
250	87,8	86,8	87,2	87,3	87,0	87,2
500	93,4	90,3	92,6	92,6	92,1	92,3
1000	103,2	104,1	101,0	102,4	102,7	102,8
2000	99,2	102,9	97,9	99,2	98,8	100,0
4000	98,1	99,6	98,9	98,8	97,7	98,7
8000	88,7	91,7	89,4	89,5	89,0	89,8
L_{n,Φ_x}	105,9	107,6	104,7	105,6	105,4	106,0

Winkel zur Schußrichtung Φ :	30°		Waffe :	Revolver S & W .38		
Anschlagart :	stehend		Munition :	Geco .38 Spec WC		
	Schußnummer					
Oktavmittenfrequenz [Hz]	n=1	n=2	n=3	n=4	n=5	x=2
	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,Φ_x}
63	51,3	51,2	51,2	51,4	51,3	51,3
125	62,4	62,3	62,1	62,1	62,4	62,3
250	87,9	87,9	87,7	87,6	88,0	87,8
500	96,8	96,9	97,1	96,4	96,9	96,8
1000	104,5	103,7	101,2	103,3	103,9	103,5
2000	103,8	103,3	103,9	104,0	103,2	103,7
4000	99,0	99,2	98,8	98,0	99,4	98,9
8000	93,7	92,0	91,9	92,4	91,8	92,4
L_{n,Φ_x}	108,3	107,8	107,2	107,7	107,9	107,8

Der gemittelte Einzelschußpegel L_{j,Φ_x} in dB(A) für den Revolver S & W .38
Vergleich : Anschlagart *liegend* und *stehend*

Winkel zur Schußrichtung Φ :	45°		Waffe :	Revolver S & W .38		
Anschlagart :	liegend		Munition :	Geco .38 Spec WC		
	Schußnummer					
Oktavmittenfrequenz [Hz]	n=1	n=2	n=3	n=4	n=5	x=3
	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,Φ_x}
63	51,2	52,0	52,6	51,5	52,2	51,9
125	76,5	76,8	76,4	76,1	76,4	76,4
250	89,1	88,8	88,5	87,9	89,8	88,9
500	92,1	90,7	90,7	89,5	93,9	91,7
1000	99,4	103,4	102,2	102,3	100,4	101,8
2000	100,5	104,2	102,9	103,6	100,6	102,6
4000	98,1	101,8	99,3	98,5	99,8	99,7
8000	92,4	94,6	95,3	94,9	93,0	94,2
L_{n,Φ_x}	104,8	108,3	107,0	107,1	105,7	106,8

Winkel zur Schußrichtung Φ :	45°		Waffe :	Revolver S & W .38		
Anschlagart :	stehend		Munition :	Geco .38 Spec WC		
	Schußnummer					
Oktavmittenfrequenz [Hz]	n=1	n=2	n=3	n=4	n=5	x=3
	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,Φ_x}
63	53,1	51,7	51,3	52,8	53,1	52,5
125	67,7	67,3	68,0	67,8	67,8	67,7
250	89,9	89,8	90,3	89,9	90,5	90,1
500	95,4	95,7	95,9	94,7	96,3	95,6
1000	101,3	101,7	101,1	100,8	102,1	101,4
2000	102,9	103,9	105,1	104,4	104,3	104,2
4000	101,1	101,0	99,8	99,8	100,4	100,5
8000	95,4	94,2	95,0	93,9	93,0	94,4
L_{n,Φ_x}	107,3	107,7	108,0	107,4	107,9	107,7

Der gemittelte Einzelschußpegel L_{j,Φ_x} in dB(A) für den Revolver S & W .38

Vergleich : Anschlagart *liegend* und *stehend*

Winkel zur Schußrichtung Φ :	60°		Waffe :	Revolver S & W .38		
Anschlagart :	liegend		Munition :	Geco .38 Spec WC		
	Schußnummer					
Oktavmittenfrequenz [Hz]	n=1	n=2	n=3	n=4	n=5	x=4
	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,Φ_x}
63	52,4	51,4	51,0	51,7	51,4	51,6
125	75,9	76,1	75,6	75,2	75,4	75,7
250	88,0	87,0	87,6	87,4	87,3	87,5
500	89,9	86,7	89,8	89,5	89,3	89,2
1000	99,8	101,0	97,7	98,6	99,0	99,1
2000	100,4	100,9	101,3	100,8	99,3	100,6
4000	98,2	99,8	99,2	96,8	97,4	98,4
8000	90,7	94,8	92,9	92,4	90,1	92,5
L_{n,Φ_x}	104,8	105,5	104,9	104,4	103,9	104,7

Winkel zur Schußrichtung Φ :	60°		Waffe :	Revolver S & W .38		
Anschlagart :	stehend		Munition :	Geco .38 Spec WC		
	Schußnummer					
Oktavmittenfrequenz [Hz]	n=1	n=2	n=3	n=4	n=5	x=4
	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,Φ_x}
63	51,6	51,0	51,6	49,9	51,2	51,1
125	67,2	67,0	66,6	67,3	67,6	67,2
250	88,6	88,7	88,3	88,3	88,2	88,4
500	92,5	92,2	91,1	90,9	91,9	91,8
1000	101,8	100,0	100,8	100,4	99,8	100,6
2000	102,0	99,2	99,5	99,5	100,0	100,2
4000	100,9	100,5	100,1	101,1	100,2	100,6
8000	95,3	95,2	94,3	94,2	93,7	94,6
L_{n,Φ_x}	106,9	105,5	105,5	105,7	105,4	105,8

Der gemittelte Einzelschußpegel L_{j,Φ_x} in dB(A) für den Revolver S & W .38
Vergleich : Anschlagart *liegend* und *stehend*

Winkel zur Schußrichtung Φ :	90°		Waffe :	Revolver S & W .38		
Anschlagart :	liegend		Munition :	Geco .38 Spec WC		
	Schußnummer					
Oktavmittenfrequenz [Hz]	n=1	n=2	n=3	n=4	n=5	x=5
	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,Φ_x}
63	54,8	55,2	55,0	54,5	55,1	54,9
125	73,1	73,1	72,9	72,7	73,0	73,0
250	83,0	82,3	82,2	82,3	83,6	82,7
500	84,1	82,8	82,1	82,0	85,4	83,5
1000	97,8	98,4	98,4	98,8	95,2	97,9
2000	99,8	99,9	98,3	99,9	96,7	99,1
4000	98,2	99,2	96,7	100,0	98,7	98,7
8000	91,5	92,8	93,2	91,3	92,9	92,4
L_{n,Φ_x}	103,9	104,4	103,3	104,7	102,6	103,8

Winkel zur Schußrichtung Φ :	90°		Waffe :	Revolver S & W .38		
Anschlagart :	stehend		Munition :	Geco .38 Spec WC		
	Schußnummer					
Oktavmittenfrequenz [Hz]	n=1	n=2	n=3	n=4	n=5	x=5
	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,Φ_x}
63	51,5	52,0	51,5	51,7	52,1	51,8
125	62,1	61,8	62,3	62,0	62,3	62,1
250	84,5	84,3	84,4	84,6	84,6	84,5
500	86,6	86,5	86,6	85,3	86,4	86,3
1000	99,6	99,2	100,1	100,2	100,0	99,8
2000	100,2	100,5	100,0	101,7	100,3	100,6
4000	98,2	99,4	99,2	99,2	98,1	98,9
8000	92,2	93,3	93,8	93,8	92,6	93,2
L_{n,Φ_x}	104,6	105,0	105,4	105,7	104,7	105,1

Der gemittelte Einzelschußpegel L_{j,Φ_x} in dB(A) für den Revolver S & W .38

Vergleich : Anschlagart *liegend* und *stehend*

Winkel zur Schußrichtung Φ :	120°		Waffe :	Revolver S & W .38		
Anschlagart :	liegend		Munition :	Geco .38 Spec WC		
	Schußnummer					
Oktavmittenfrequenz [Hz]	n=1	n=2	n=3	n=4	n=5	x=6
	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,Φ_x}
63	51,9	51,8	51,6	51,7	52,0	51,8
125	68,6	68,1	68,2	68,3	67,8	68,2
250	80,0	79,6	79,6	79,9	79,6	79,7
500	81,4	80,9	81,0	81,0	81,4	81,1
1000	95,9	96,3	97,3	96,7	94,4	96,2
2000	93,0	93,8	93,5	93,7	92,2	93,3
4000	96,9	97,3	97,4	97,8	96,1	97,1
8000	91,4	90,7	89,9	91,4	87,1	90,4
L_{n,Φ_x}	100,9	101,3	101,6	101,7	99,7	101,1

Winkel zur Schußrichtung Φ :	120°		Waffe :	Revolver S & W .38		
Anschlagart :	stehend		Munition :	Geco .38 Spec WC		
	Schußnummer					
Oktavmittenfrequenz [Hz]	n=1	n=2	n=3	n=4	n=5	x=6
	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,Φ_x}
63	50,3	50,7	50,4	50,1	50,5	50,4
125	62,6	62,4	62,7	62,6	62,0	62,5
250	79,8	79,9	79,7	79,9	79,5	79,8
500	83,4	84,8	85,1	85,1	83,8	84,5
1000	97,1	96,8	96,7	96,9	97,2	96,9
2000	96,0	96,2	98,4	96,1	95,7	96,6
4000	97,9	97,9	97,7	98,9	97,8	98,1
8000	91,5	89,1	91,5	90,7	90,6	90,8
L_{n,Φ_x}	102,3	102,1	102,9	102,6	102,2	102,4

Der gemittelte Einzelschußpegel L_{j,Φ_x} in dB(A) für den Revolver S & W .38

Vergleich : Anschlagart *liegend* und *stehend*

Winkel zur Schußrichtung Φ :	150°		Waffe :	Revolver S & W .38		
Anschlagart :	liegend		Munition :	Geco .38 Spec WC		
	Schußnummer					
Oktavmittenfrequenz [Hz]	n=1	n=2	n=3	n=4	n=5	x=7
	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,Φ_x}
63	52,9	51,6	52,5	52,0	50,8	52,0
125	68,0	68,6	68,0	68,1	68,3	68,2
250	77,5	77,4	77,4	77,3	76,9	77,3
500	80,2	79,2	79,6	80,7	82,2	80,5
1000	93,6	92,0	95,1	94,9	92,2	93,8
2000	96,8	96,4	94,9	96,1	96,8	96,3
4000	95,1	96,0	95,2	94,5	93,5	94,9
8000	90,4	92,0	88,4	90,7	89,0	90,3
L_{n,Φ_x}	100,6	100,7	100,2	100,5	99,9	100,4

Winkel zur Schußrichtung Φ :	150°		Waffe :	Revolver S & W .38		
Anschlagart :	stehend		Munition :	Geco .38 Spec WC		
	Schußnummer					
Oktavmittenfrequenz [Hz]	n=1	n=2	n=3	n=4	n=5	x=7
	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,Φ_x}
63	51,9	52,7	50,9	50,5	51,5	51,6
125	66,9	67,1	67,4	66,6	66,3	66,9
250	76,9	77,8	77,8	77,6	76,8	77,4
500	82,4	84,1	84,4	83,6	82,8	83,5
1000	95,5	95,3	95,3	95,7	95,4	95,4
2000	96,2	96,2	96,6	95,6	94,9	95,9
4000	93,9	94,7	94,0	94,5	93,3	94,1
8000	89,8	89,2	90,9	89,6	89,8	89,9
L_{n,Φ_x}	100,6	100,7	100,8	100,6	100,0	100,5

Der gemittelte Einzelschußpegel L_{j,Φ_x} in dB(A) für den Revolver S & W .38
Vergleich : Anschlagart *liegend* und *stehend*

Winkel zur Schußrichtung Φ :	180°		Waffe :	Revolver S & W .38		
Anschlagart :	liegend		Munition :	Geco .38 Spec WC		
	Schußnummer					
Oktavmittenfrequenz [Hz]	n=1	n=2	n=3	n=4	n=5	x=8
	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,Φ_x}
63	51,6	51,2	50,9	52,4	50,8	51,4
125	68,5	68,8	68,0	68,3	67,2	68,2
250	76,0	75,8	76,3	76,0	76,2	76,1
500	81,3	78,9	80,7	81,1	81,5	80,8
1000	98,3	94,5	95,8	95,4	94,1	95,9
2000	92,9	94,3	93,0	92,8	95,0	93,7
4000	93,1	95,1	93,5	94,1	94,2	94,1
8000	91,4	88,4	91,3	89,8	91,2	90,6
L_{n,Φ_x}	100,9	99,8	99,8	99,6	99,9	100,0

Winkel zur Schußrichtung Φ :	180°		Waffe :	Revolver S & W .38		
Anschlagart :	stehend		Munition :	Geco .38 Spec WC		
	Schußnummer					
Oktavmittenfrequenz [Hz]	n=1	n=2	n=3	n=4	n=5	x=8
	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,Φ_x}
63	52,4	51,4	51,9	52,6	52	52,1
125	67,2	67,0	68,2	67,4	67,9	67,6
250	78,3	78,2	78,6	79,0	78,6	78,5
500	83,7	82,2	83,8	84,1	83,6	83,5
1000	92,7	91,5	93,3	93,1	92,6	92,7
2000	95,3	94,5	96,1	94,8	95,4	95,3
4000	92,6	93,8	92,8	92,3	94,2	93,2
8000	89,4	88,4	91,3	90,2	89,5	89,9
L_{n,Φ_x}	99,2	98,8	99,9	99,1	99,6	99,3

Der gemittelte Einzelschußpegel L_{j,Φ_x} in dB(A) für das Gewehr Keppeler

Vergleich : Anschlagart *liegend* und *stehend*

Winkel zur Schußrichtung Φ :		0°		Waffe :		Gewehr Keppeler	
Anschlagart :		liegend		Munition :		PMP	
Schußnummer							
Oktavmittenfrequenz [Hz]	n=1	n=2	n=3	n=4	n=5	x=1	
	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,Φ_x}	
63	79,1	79,1	79,1	79,0	79,0	79,1	
125	97,6	97,9	97,9	97,7	97,9	97,8	
250	108,5	108,7	108,6	108,7	108,6	108,6	
500	108,2	107,8	107,6	108,1	107,9	107,9	
1000	118,3	118,1	117,6	117,9	118,0	118,0	
2000	113,9	113,5	112,7	113,5	113,2	113,4	
4000	112,1	111,8	111,8	111,6	111,5	111,8	
8000	105,0	104,2	105,1	104,2	104,5	104,6	
L_{n,Φ_x}	121,0	120,7	120,3	120,6	120,6	120,7	

Winkel zur Schußrichtung Φ :		0°		Waffe :		Gewehr Keppeler	
Anschlagart :		stehend		Munition :		PMP	
Schußnummer							
Oktavmittenfrequenz [Hz]	n=1	n=2	n=3	n=4	n=5	x=1	
	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,Φ_x}	
63	77,1	76,9	77,1	77,0	77,1	77,0	
125	88,3	88,2	88,4	88,1	88,2	88,2	
250	109,7	109,8	110,7	110,2	110,0	110,1	
500	115,5	114,8	114,6	115,1	114,9	115,0	
1000	117,3	116,5	116,9	116,8	116,7	116,8	
2000	114,4	113,8	114,9	114,3	114,6	114,4	
4000	112,8	112,6	112,8	112,4	112,4	112,6	
8000	105,6	105,7	106,0	105,5	105,4	105,6	
L_{n,Φ_x}	121,7	121,1	121,6	121,4	121,4	121,5	

Der gemittelte Einzelschußpegel L_{j,Φ_x} in dB(A) für das Gewehr KeppelerVergleich : Anschlagart *liegend* und *stehend*

Winkel zur Schußrichtung Φ :		45°		Waffe :		Gewehr Keppeler	
Anschlagart :		liegend		Munition :		PMP	
Schußnummer							
Oktavmitten- frequenz [Hz]	n=1	n=2	n=3	n=4	n=5	x=2	
	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,Φ_x}	
63	89,0	87,9	86,0	88,3	88,6	88,1	
125	99,9	99,0	98,2	99,6	99,2	99,2	
250	103,6	102,9	103,0	104,1	102,9	103,3	
500	109,7	110,4	110,5	110,1	110,7	110,3	
1000	117,1	116,9	116,6	116,4	116,3	116,7	
2000	109,8	111,0	111,3	111,7	111,2	111,0	
4000	109,9	109,3	109,0	108,8	109,2	109,3	
8000	101,5	103,0	100,6	102,4	103,0	102,2	
L_{n,Φ_x}	119,3	119,3	119,1	119,1	119,1	119,2	

Winkel zur Schußrichtung Φ :		45°		Waffe :		Gewehr Keppeler	
Anschlagart :		stehend		Munition :		PMP	
Schußnummer							
Oktavmitten- frequenz [Hz]	n=1	n=2	n=3	n=4	n=5	x=2	
	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,Φ_x}	
63	83,1	85,0	85,7	86,5	85,1	85,2	
125	93,0	92,3	94,1	94,6	94,1	93,7	
250	108,7	108,9	109,2	109,6	108,5	109,0	
500	114,0	113,2	112,8	113,9	113,4	113,5	
1000	115,3	114,9	114,8	114,5	114,1	114,7	
2000	111,9	111,4	111,3	110,8	110,3	111,2	
4000	111,3	108,9	110,6	109,8	111,5	110,5	
8000	102,3	102,6	101,0	101,4	101,8	101,9	
L_{n,Φ_x}	119,9	119,2	119,2	119,3	119,1	119,4	

Der gemittelte Einzelschußpegel L_{j,Φ_x} in dB(A) für das Gewehr Keppeler

Vergleich : Anschlagart *liegend* und *stehend*

Winkel zur Schußrichtung Φ :	90°		Waffe :	Gewehr Keppeler		
Anschlagart :	liegend		Munition :	PMP		
Schußnummer						
Oktavmittenfrequenz [Hz]	n=1	n=2	n=3	n=4	n=5	x=3
	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,Φ_x}
63	89,8	86,4	95,2	87,1	87,1	90,6
125	97,7	96,3	99,9	95,9	95,9	97,4
250	101,1	99,0	103,3	98,7	97,9	100,5
500	101,3	103,0	100,7	101,7	101,3	101,7
1000	108,1	108,6	109,7	109,2	109,0	109,0
2000	105,4	106,2	106,1	106,2	106,1	106,0
4000	103,5	101,0	101,9	102,9	103,6	102,7
8000	99,0	100,0	94,5	99,8	100,5	99,2
L_{n,Φ_x}	112,3	112,4	113,3	112,7	112,6	112,7

Winkel zur Schußrichtung Φ :	90°		Waffe :	Gewehr Keppeler		
Anschlagart :	stehend		Munition :	PMP		
Schußnummer						
Oktavmittenfrequenz [Hz]	n=1	n=2	n=3	n=4	n=5	x=3
	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,Φ_x}
63	80,4	78,8	80,6	81,3	77,7	79,9
125	90,4	90,6	90,9	90,5	88,2	90,2
250	105,6	105,2	106,0	106,1	106,2	105,8
500	109,0	108,9	109,2	108,9	108,1	108,8
1000	107,6	107,6	107,3	107,8	107,9	107,6
2000	106,7	106,7	106,2	106,4	107,2	106,7
4000	101,3	102,6	100,6	101,8	102,2	101,8
8000	96,7	97,4	98,9	97,3	96,3	97,4
L_{n,Φ_x}	113,9	113,9	113,9	114,0	113,9	113,9

Der gemittelte Einzelschußpegel L_{j,Φ_x} in dB(A) für das Gewehr Keppeler

Vergleich : Anschlagart *liegend* und *stehend*

Winkel zur Schußrichtung Φ :		180°		Waffe :		Gewehr Keppeler	
Anschlagart :		liegend		Munition :		PMP	
Schußnummer							
Oktavmittenfrequenz [Hz]	n=1	n=2	n=3	n=4	n=5	x=4	
	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,Φ_x}	
63	68,5	69,8	69,6	70,4	69,1	69,5	
125	83,6	83,6	83,8	83,5	83,4	83,6	
250	92,5	93,0	93,4	93,0	92,9	93,0	
500	96,2	95,6	96,1	96,1	95,5	95,9	
1000	103,1	104,2	105,1	105,6	103,5	104,4	
2000	102,4	104,6	104,1	104,7	105,2	104,3	
4000	101,8	103,6	103,3	103,6	102,7	103,1	
8000	99,7	96,8	97,5	98,6	99,3	98,5	
L_{n,Φ_x}	108,4	109,5	109,6	110,1	109,5	109,4	

Winkel zur Schußrichtung Φ :		180°		Waffe :		Gewehr Keppeler	
Anschlagart :		stehend		Munition :		PMP	
Schußnummer							
Oktavmittenfrequenz [Hz]	n=1	n=2	n=3	n=4	n=5	x=4	
	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,Φ_x}	
63	68,0	67,6	67,8	67,2	68,3	67,8	
125	80,1	79,3	80,4	79,4	80,1	79,9	
250	95,8	95,8	96,2	96,3	96,0	96,0	
500	98,2	98,3	97,6	98,9	99,9	98,7	
1000	102,5	103,2	102,2	104,0	104,0	103,2	
2000	102,5	103,7	104,8	102,8	102,6	103,4	
4000	101,8	100,0	104,5	101,0	102,0	102,1	
8000	96,6	96,5	97,3	97,7	96,7	97,0	
L_{n,Φ_x}	108,2	108,4	109,6	108,7	108,9	108,8	

Der gemittelte Einzelschußpegel L_{j,Φ_x} in dB(A) für den Revolver S & W .357
Vergleich : Munition .38 Spec WC und .357 Mag VM

Winkel zur Schußrichtung Φ :	0°		Waffe :	Revolver S & W .357		
Anschlagart :	stehend		Munition :	Geco .38 Spec WC		
Schußnummer						
Oktavmittenfrequenz [Hz]	n=1	n=2	n=3	n=4	n=5	x=1
	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,Φ_x}
63	51,3	51,6	51,3	51,1	51,4	51,3
125	63,0	63,2	62,9	62,9	62,9	63,0
250	88,8	89,0	88,8	88,8	88,6	88,8
500	98,8	99,6	99,5	99,1	98,4	99,1
1000	106,2	106,9	106,2	105,8	106,7	106,4
2000	101,2	101,5	100,5	102,8	102,0	101,7
4000	98,7	98,9	98,5	99,7	100,4	99,3
8000	92,0	92,3	92,5	92,2	91,5	92,1
L_{n,Φ_x}	108,6	109,2	108,5	108,9	109,2	108,9

Winkel zur Schußrichtung Φ :	0°		Waffe :	Revolver S & W .357		
Anschlagart :	stehend		Munition :	Geco .357 Mag VM		
Schußnummer						
Oktavmittenfrequenz [Hz]	n=1	n=2	n=3	n=4	n=5	x=1
	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,Φ_x}
63	69,8	70,4	70,0	69,8	69,3	69,9
125	80,9	81,3	80,9	80,7	78,6	80,6
250	103,9	104,8	104,6	104,6	103,7	104,3
500	111,1	113,3	113,3	112,1	111,6	112,4
1000	114,9	116,7	117,0	114,9	112,2	115,4
2000	118,7	117,8	116,6	119,3	116,0	117,9
4000	111,6	108,9	110,1	113,7	112,1	111,6
8000	105,0	104,0	103,3	106,8	104,8	104,9
L_{n,Φ_x}	121,4	121,5	121,2	122,1	119,6	121,3

Der gemittelte Einzelschußpegel L_{j,Φ_x} in dB(A) für den Revolver S & W .357

Vergleich : Munition .38 Spec WC und .357 Mag VM

Winkel zur Schußrichtung Φ :	45°		Waffe :	Revolver S & W .357		
Anschlagart :	stehend		Munition :	Geco .38 Spec WC		
Schußnummer						
Oktavmittenfrequenz [Hz]	n=1	n=2	n=3	n=4	n=5	x=2
	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,Φ_x}
63	50,7	52,0	52,9	51,9	52,5	51,7
125	67,8	66,8	67,3	67,8	67,2	67,4
250	89,4	89,3	89,3	89,0	89,5	89,3
500	94,2	95,1	94,9	93,8	93,1	94,3
1000	98,7	100,2	100,7	100,5	99,2	99,9
2000	101,6	102,8	103,4	102,2	103,8	102,8
4000	98,0	99,2	99,6	99,2	101,0	99,5
8000	94,3	94,6	94,2	94,4	96,8	95,0
L_{n,Φ_x}	105,4	106,5	106,9	106,2	107,2	106,5

Winkel zur Schußrichtung Φ :	45°		Waffe :	Revolver S & W .357		
Anschlagart :	stehend		Munition :	Geco .357 Mag VM		
Schußnummer						
Oktavmittenfrequenz [Hz]	n=1	n=2	n=3	n=4	n=5	x=2
	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,Φ_x}
63	71,0	70,9	71,0	74,2	72,0	72,0
125	80,2	79,9	80,2	82,7	80,8	80,9
250	103,8	105,0	105,4	105,5	104,6	104,9
500	109,8	111,6	112,1	111,5	111,1	111,3
1000	112,4	111,7	111,7	112,0	112,0	112,0
2000	108,3	108,6	107,6	108,7	109,6	108,6
4000	101,6	103,7	103,5	102,1	102,5	102,8
8000	95,5	96,8	98,1	98,0	95,6	96,9
L_{n,Φ_x}	115,8	116,3	116,3	116,4	116,3	116,2

Der gemittelte Einzelschußpegel L_{j,Φ_x} in dB(A) für den Revolver S & W .357
Vergleich : Munition .38 Spec WC und .357 Mag VM

Winkel zur Schußrichtung Φ :	90°		Waffe :	Revolver S & W .357		
Anschlagart :	stehend		Munition :	Geco .38 Spec WC		
Schußnummer						
Oktavmittenfrequenz [Hz]	n=1	n=2	n=3	n=4	n=5	x=3
	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,Φ_x}
63	52,4	52,1	52,0	52,6	52,4	52,3
125	62,0	61,7	61,7	62,4	62,1	62,0
250	84,2	83,9	83,9	84,0	84,4	84,1
500	86,8	87,0	86,6	87,3	88,0	87,2
1000	100,0	99,5	99,8	100,3	101,2	100,2
2000	99,8	99,8	100,8	101,2	100,5	100,5
4000	98,5	99,0	99,6	99,2	98,0	98,9
8000	93,3	94,4	92,9	93,8	93,6	93,6
L_{n,Φ_x}	104,7	104,8	105,3	105,5	105,3	105,1

Winkel zur Schußrichtung Φ :	90°		Waffe :	Revolver S & W .357		
Anschlagart :	stehend		Munition :	Geco .357 Mag VM		
Schußnummer						
Oktavmittenfrequenz [Hz]	n=1	n=2	n=3	n=4	n=5	x=3
	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,Φ_x}
63	71,8	70,6	70,4	71,7	73,4	71,7
125	80,8	81,8	81,9	81,2	81,6	81,5
250	101,0	103,6	103,7	103,0	102,6	102,9
500	103,0	103,3	102,9	103,6	104,2	103,4
1000	107,6	109,3	109,2	107,9	106,8	108,3
2000	109,6	109,2	108,7	109,1	109,3	109,2
4000	103,0	103,2	102,7	103,5	103,5	103,2
8000	95,5	96,2	95,7	94,1	95,2	95,4
L_{n,Φ_x}	113,2	113,9	113,5	113,4	113,2	113,4

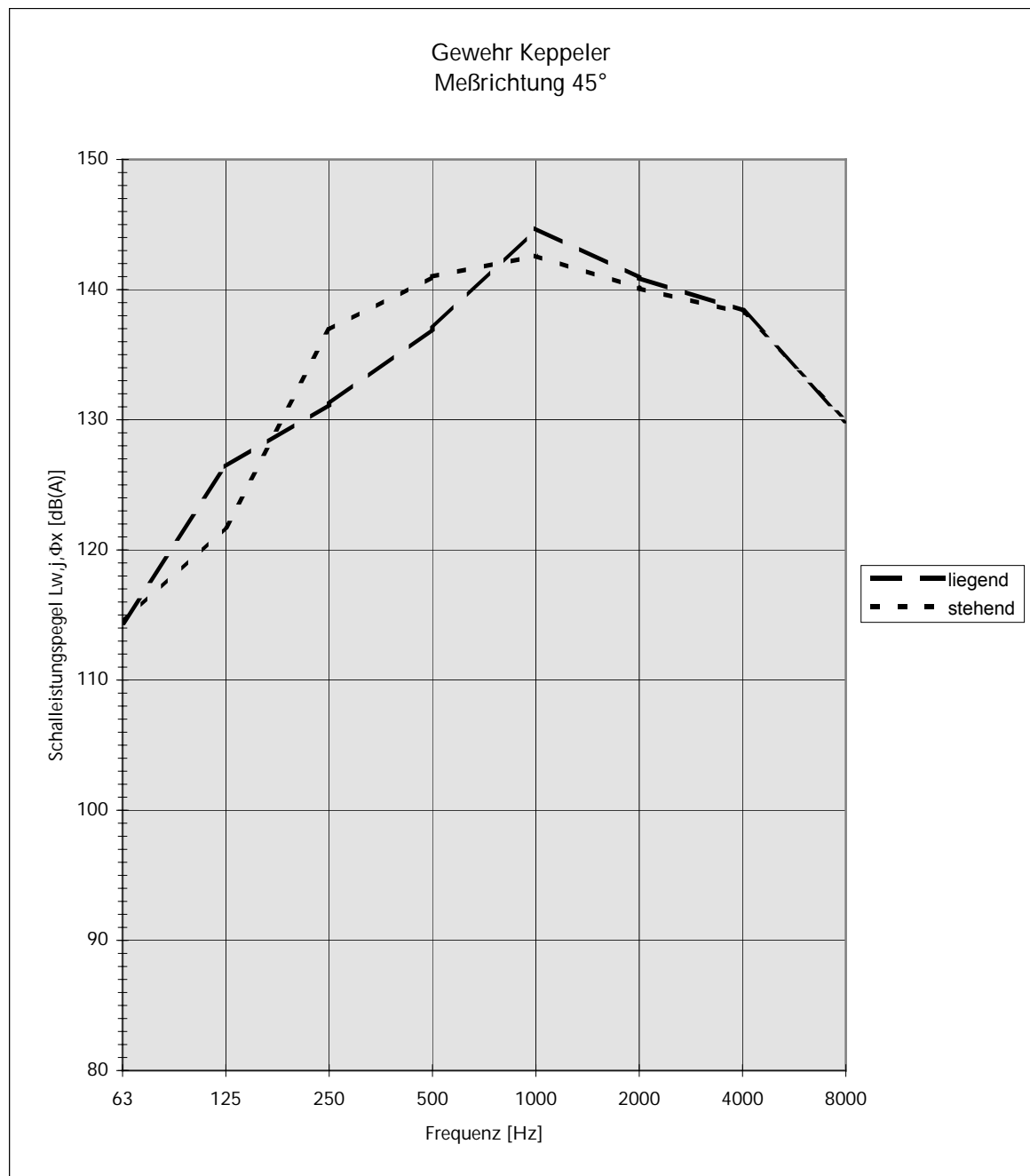
Der gemittelte Einzelschußpegel L_{j,Φ_x} in dB(A) für den Revolver S & W .357
Vergleich : Munition .38 Spec WC und .357 Mag VM

Winkel zur Schußrichtung Φ :	180°		Waffe :	Revolver S & W .357		
Anschlagart :	stehend		Munition :	Geco .38 Spec WC		
Schußnummer						
Oktavmittenfrequenz [Hz]	n=1	n=2	n=3	n=4	n=5	x=4
	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,Φ_x}
63	52,8	52,6	52,1	52,3	51,2	52,2
125	67,0	67,5	67,0	67,1	67,5	67,2
250	78,4	78,7	78,4	78,7	79,0	78,6
500	84,3	84,7	84,0	84,8	85,4	84,7
1000	95,8	95,8	95,0	95,8	96,5	95,8
2000	95,6	97,4	96,3	98,0	96,0	96,8
4000	94,8	95,3	95,3	95,2	93,9	94,9
8000	90,5	90,7	91,3	93,1	91,0	91,4
L_{n,Φ_x}	100,8	101,5	101,0	102,0	101,0	101,3

Winkel zur Schußrichtung Φ :	180°		Waffe :	Revolver S & W .357		
Anschlagart :	stehend		Munition :	Geco .357 Mag VM		
Schußnummer						
Oktavmittenfrequenz [Hz]	n=1	n=2	n=3	n=4	n=5	x=4
	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,n,Φ_x}	L_{j,Φ_x}
63	67,5	67,3	67,6	67,5	67,5	6867,5,2
125	79,7	81,5	82,3	81,2	80,0	81,0
250	93,5	95,5	96,4	95,4	93,6	95,0
500	98,4	100,9	102,1	100,9	98,6	100,4
1000	107,8	108,5	109,0	108,7	108,2	108,5
2000	106,2	107,3	108,2	105,7	106,3	106,8
4000	103,8	101,7	103,8	103,1	102,6	103,1
8000	97,3	98,2	98,5	98,1	98,1	98,1
L_{n,Φ_x}	111,5	112,1	113,0	111,9	111,6	112,0

Frequenzspektrum Gewehr Keppeler

Vergleich : Anschlagart *liegend* und *stehend*

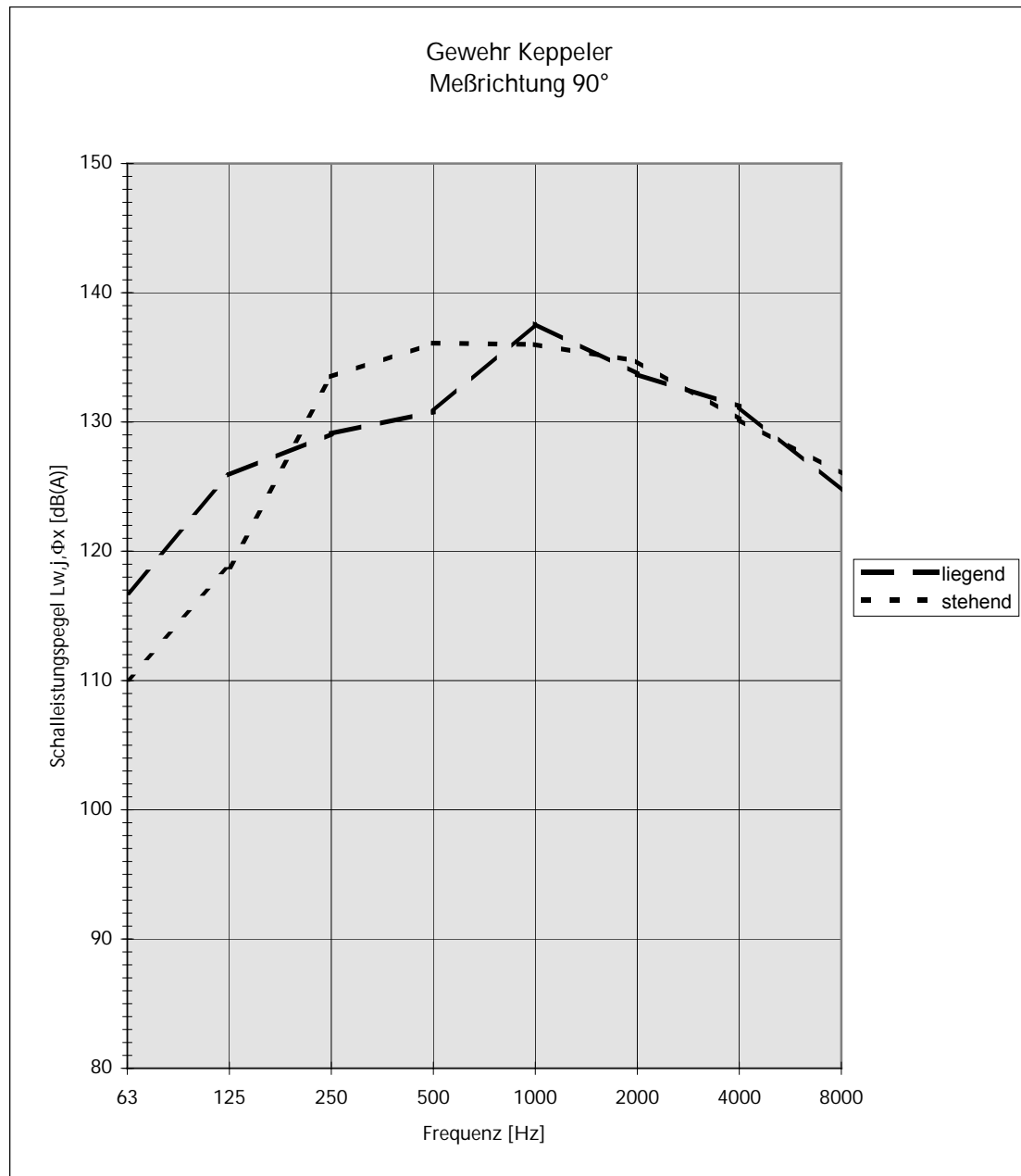


Schalleistungspegel in dB(A) für die Meßrichtung 45°

Freq.	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	8 kHz
liegend	114,4	126,4	131,2	137,0	144,7	140,9	138,4	129,9
stehend	114,4	121,8	136,9	141,0	142,6	140,1	138,2	130,1

Frequenzspektrum Gewehr Keppeler

Vergleich : Anschlagart *liegend* und *stehend*

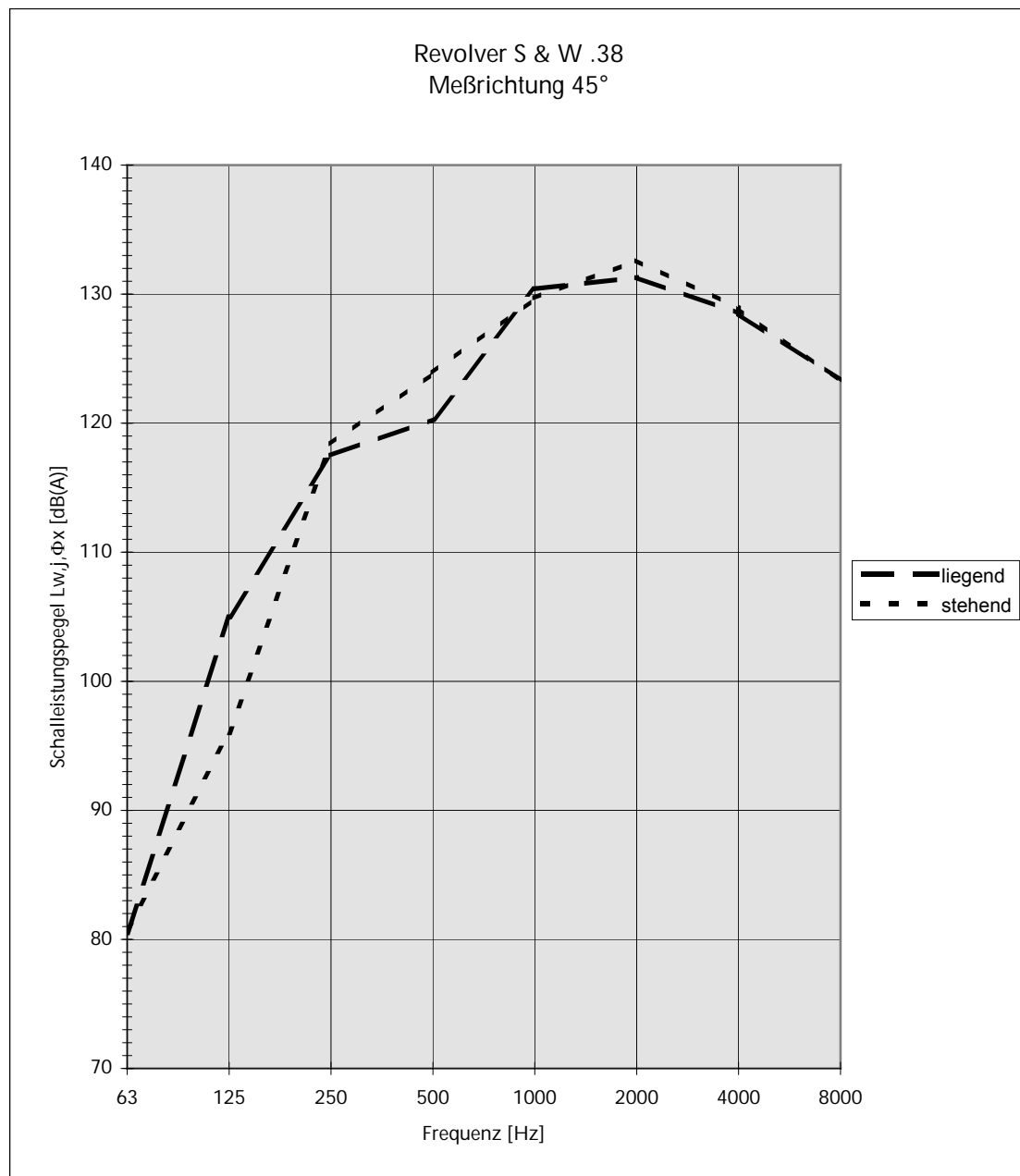


Schalleistungspegel in dB(A) für die Meßrichtung 90°

Freq.	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	8 kHz
liegend	116,8	125,9	129,1	130,8	137,6	133,7	131,2	124,7
stehend	110,1	118,8	133,5	136,1	136,0	134,7	130,2	126,0

Frequenzspektrum Revolver S & W .38

Vergleich : Anschlagart *liegend* und *stehend*

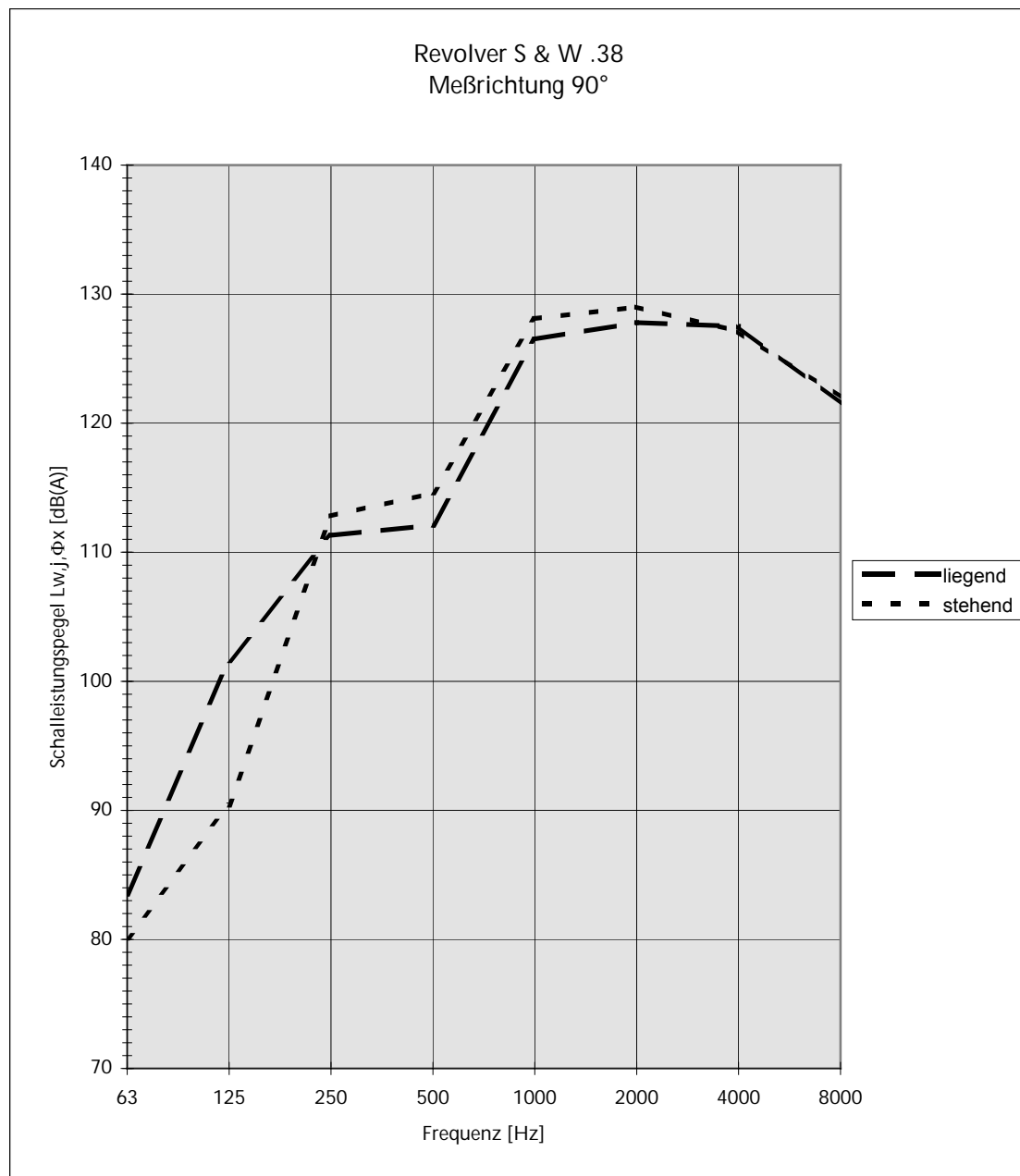


Schalleistungspegel in dB(A) für die Meßrichtung 45°

Freq.	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	8 kHz
liegend	80,5	105,0	117,5	120,3	130,4	131,3	128,5	123,3
stehend	80,8	96,0	118,4	123,9	129,7	132,6	128,9	123,2

Frequenzspektrum Revolver S & W .38

Vergleich : Anschlagart *liegend* und *stehend*

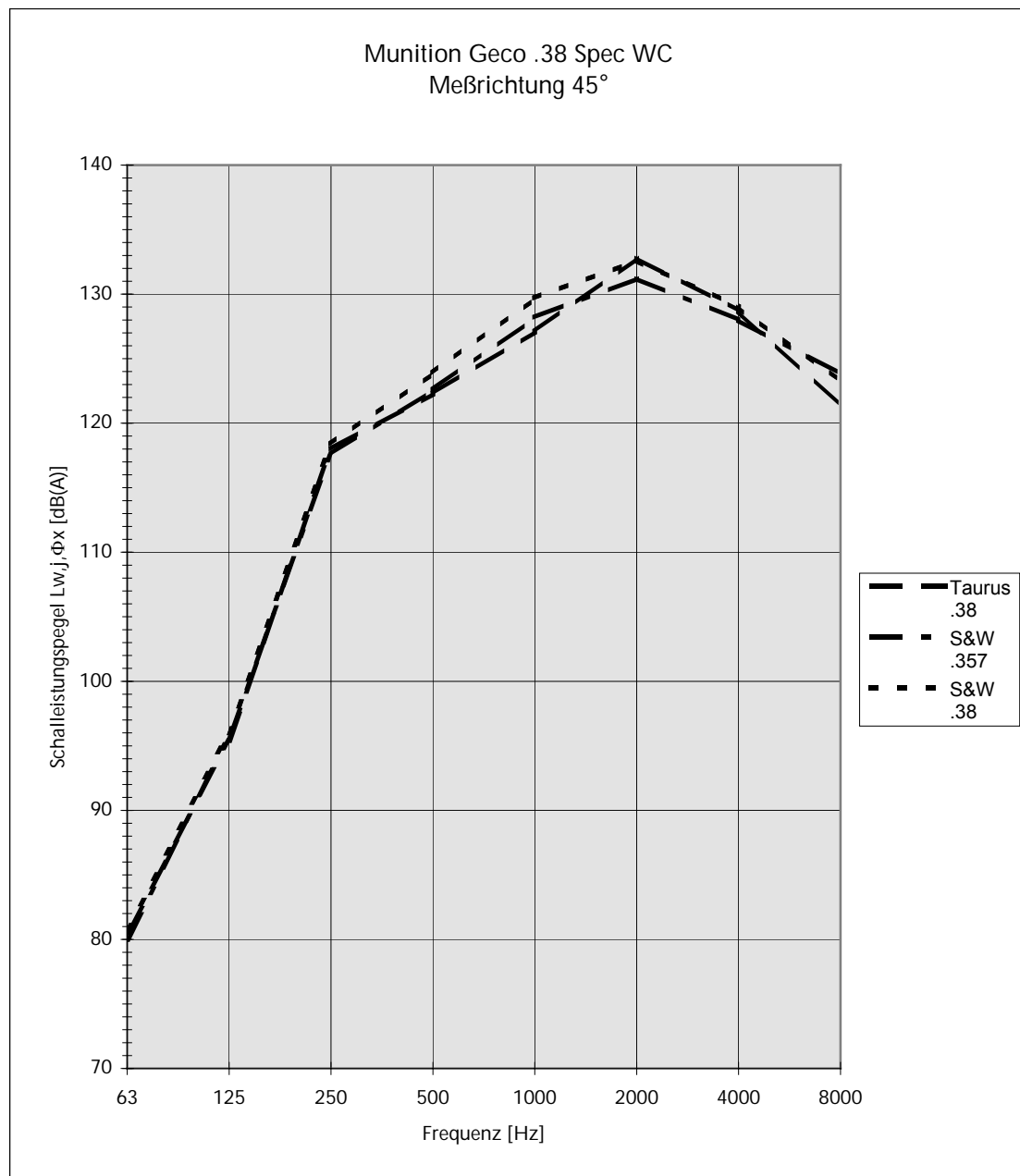


Schalleistungspegel in dB(A) für die Meßrichtung 90°

Freq.	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	8 kHz
liegend	83,5	101,6	111,3	112,1	126,5	127,8	127,5	121,5
stehend	80,1	90,4	112,8	114,6	128,1	129,0	127,1	122,0

Frequenzspektrum Munition Geco .38 Spec WC

Anschlagart : stehend

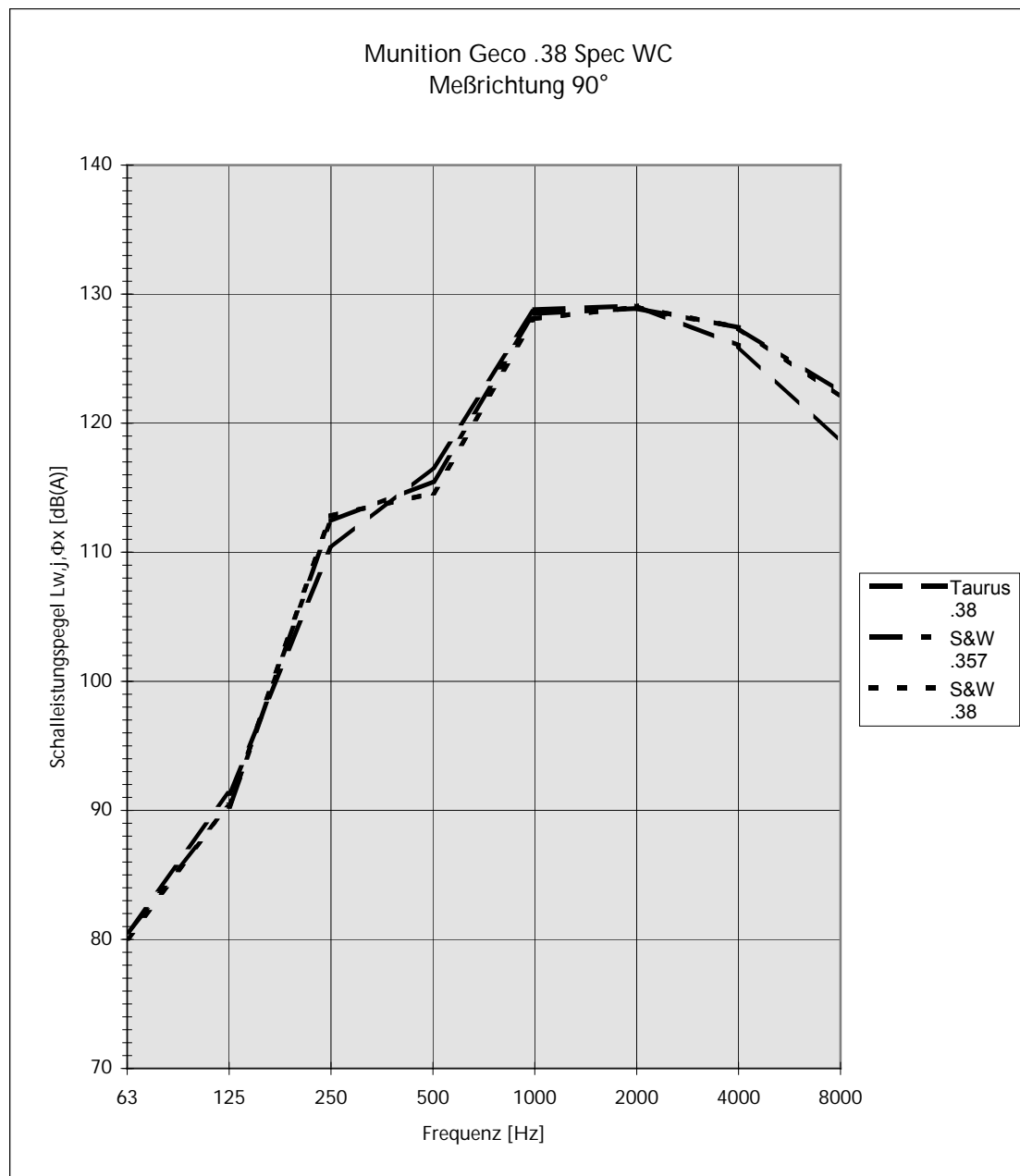
Vergleich : Waffen *Taurus .38*, *S & W .357* und *S & W .38*

Schalleistungspegel in dB(A) für die Meßrichtung 45°

Freq.	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	8 kHz
Taurus .38	80,5	95,4	118,0	122,3	127,1	132,8	128,7	121,3
S&W .357	80,0	95,7	117,6	122,6	128,2	131,2	128,0	123,8
S&W .38	80,8	96,0	118,4	123,9	129,7	132,6	129,0	123,2

Frequenzspektrum Munition Geco .38 Spec WC

Anschlagart : stehend

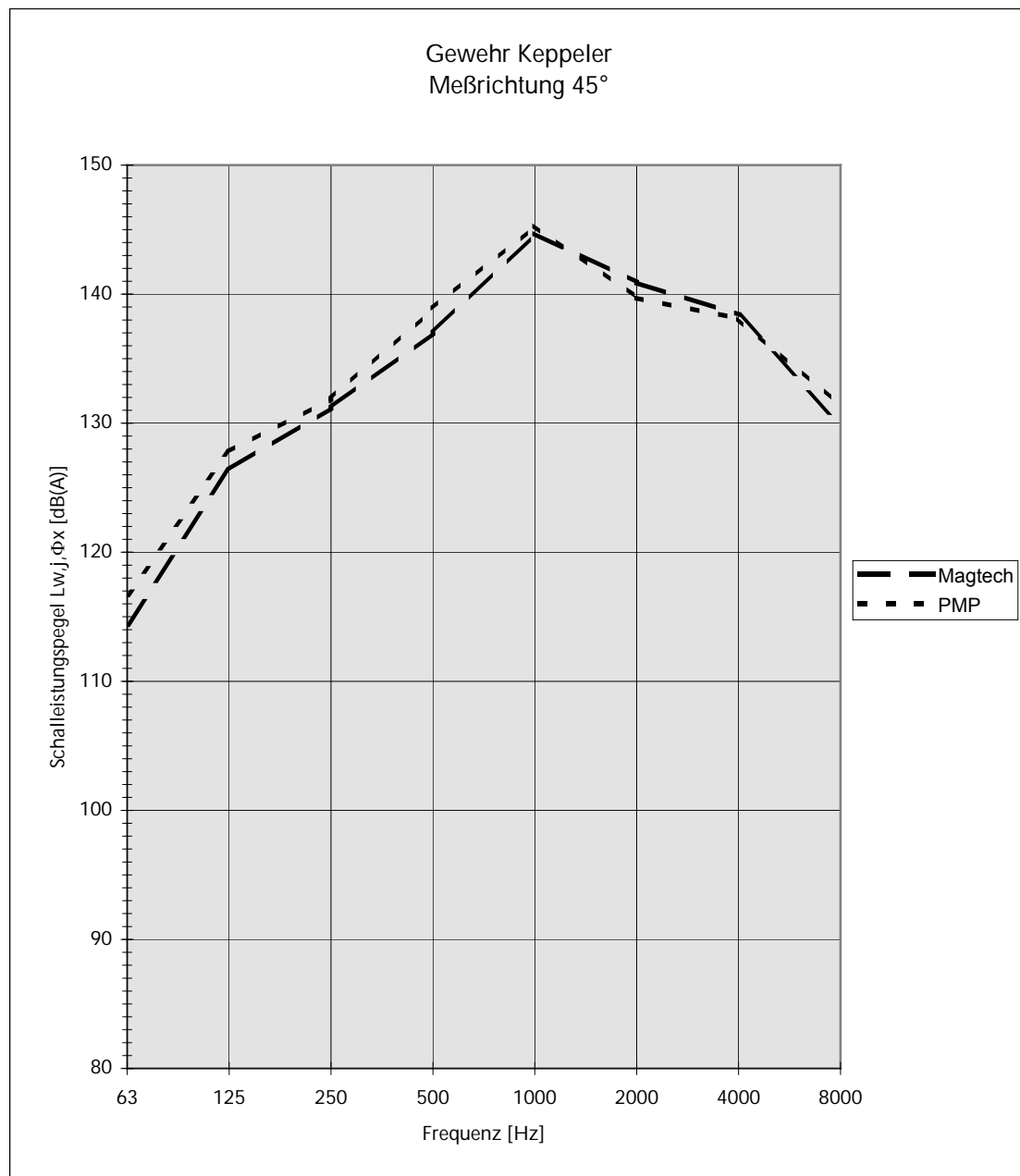
Vergleich : Waffen *Taurus .38*, *S & W .357* und *S & W .38*

Schalleistungspegel in dB(A) für die Meßrichtung 90°

Freq.	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	8 kHz
Taurus .38	80,6	91,3	110,3	116,6	128,8	129,1	126,0	118,5
S&W .357	80,6	90,3	112,4	115,5	128,5	128,9	127,4	122,4
S&W .38	80,1	90,4	112,8	114,6	128,1	129,0	127,4	122,0

Frequenzspektrum Gewehr Keppeler

Anschlagart : liegend

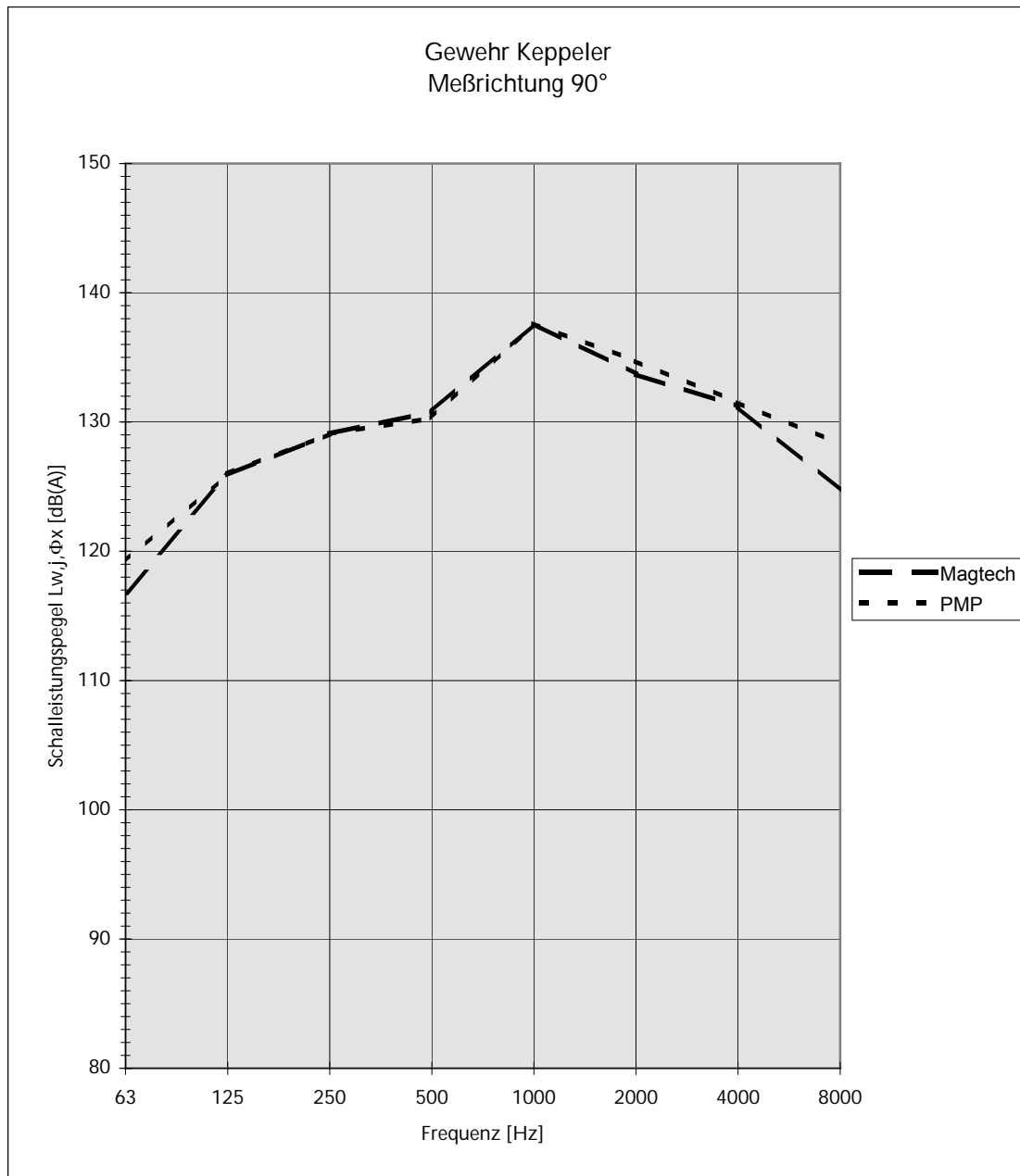
Vergleich : Munition *Magtech* und *PMP*

Schalleistungspegel in dB(A) für die Meßrichtung 45°

Freq.	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	8 kHz
Magtech	114,4	126,4	131,2	137,0	144,7	140,9	138,4	129,9
PMP	116,7	127,8	131,9	138,9	145,3	139,7	138,1	131,3

Frequenzspektrum Gewehr Keppeler

Anschlagart : liegend

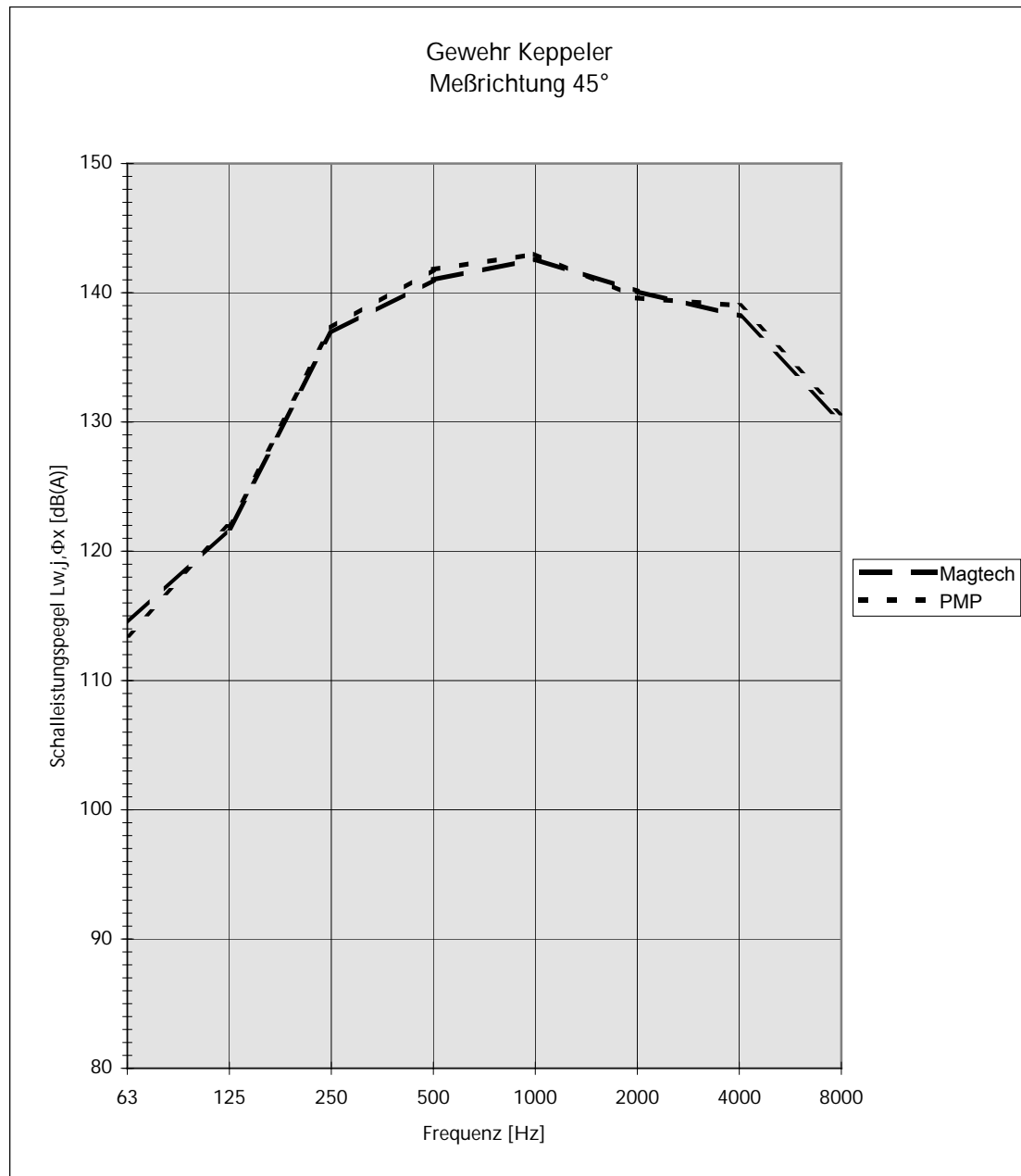
Vergleich : Munition *Magtech* und *PMP*

Schalleistungspegel in dB(A) für die Meßrichtung 90°

Freq.	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	8 kHz
Magtech	116,8	125,9	129,1	130,8	137,6	133,7	131,2	124,7
PMP	119,2	126,0	129,1	130,3	137,6	134,7	131,5	128,3

Frequenzspektrum Gewehr Keppeler

Anschlagart : stehend

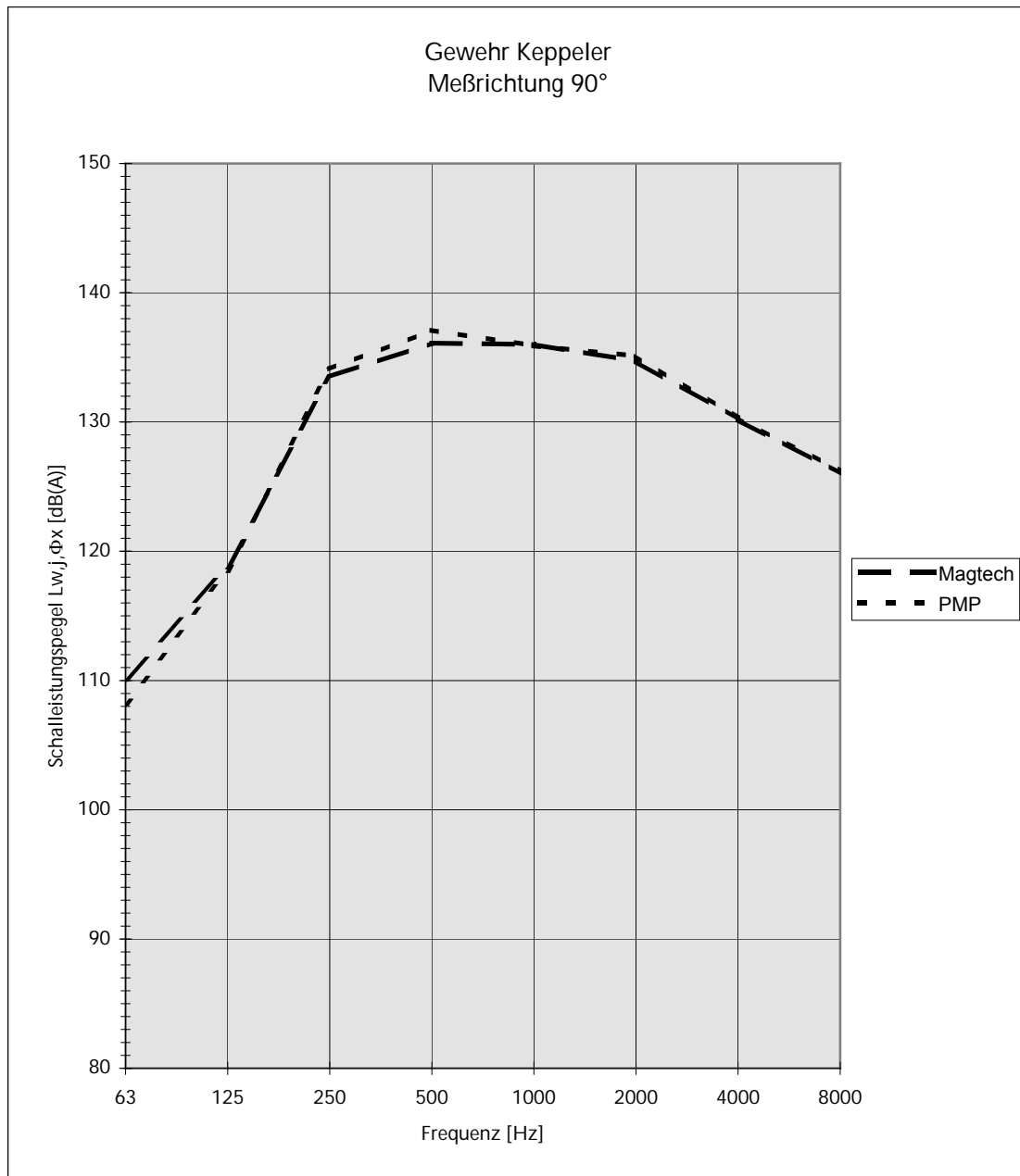
Vergleich : Munition *Magtech* und *PMP*

Schalleistungspegel in dB(A) für die Meßrichtung 45°

Freq.	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	8 kHz
Magtech	114,4	121,8	136,9	141,0	142,6	140,1	138,2	130,1
PMP	113,5	122,0	137,3	141,8	143,0	139,6	139,0	130,7

Frequenzspektrum Gewehr Keppeler

Anschlagart : stehend

Vergleich : Munition *Magtech* und *PMP*

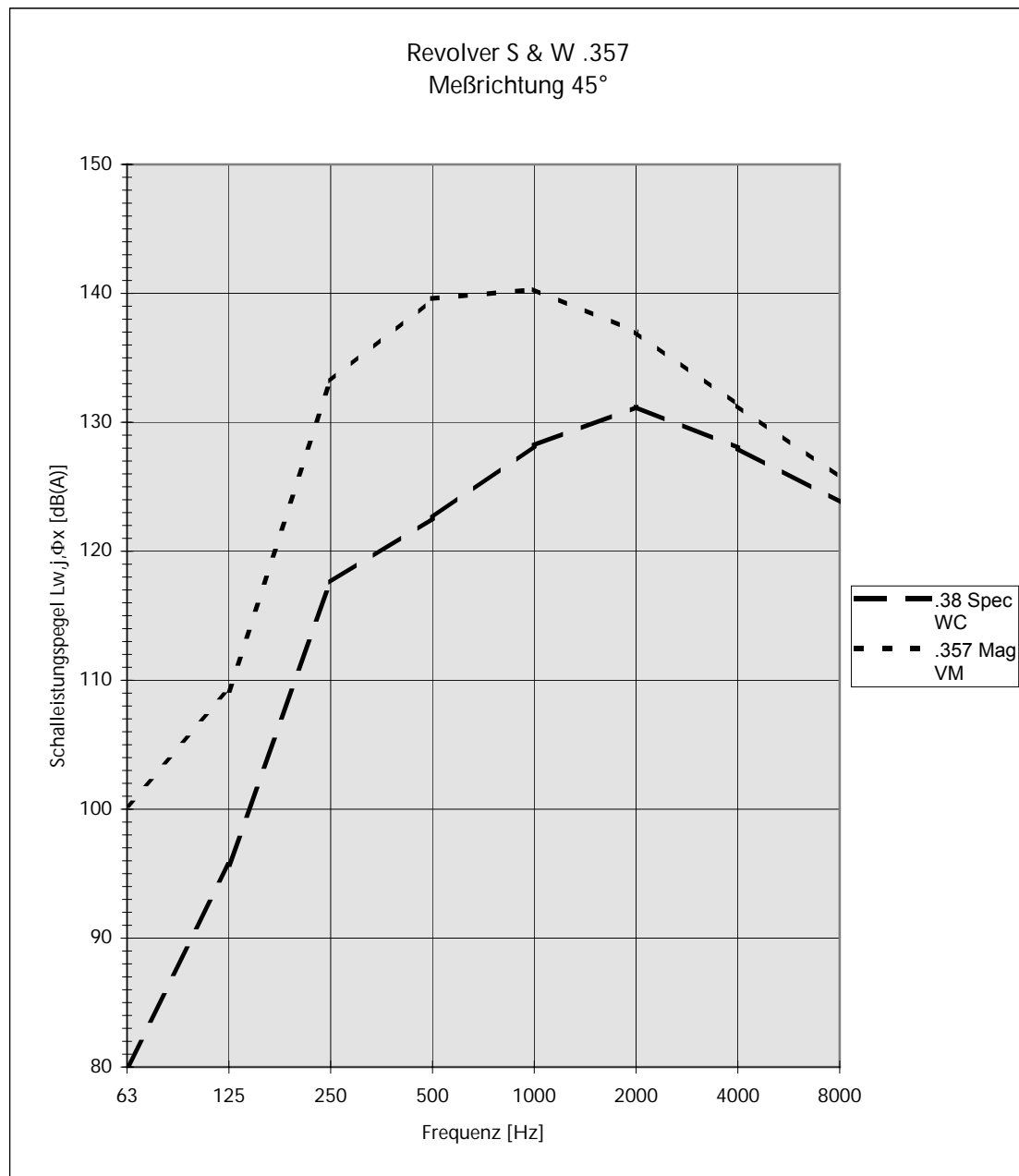
Schalleistungspegel in dB(A) für die Meßrichtung 90°

Freq.	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	8 kHz
Magtech	110,1	118,8	133,5	136,1	136,0	134,7	130,2	126,0
PMP	108,2	118,5	134,1	137,1	135,9	135,1	130,3	126,2

Frequenzspektrum Revolver S & W .357

Anschlagart : stehend

Vergleich : Munition .38 Spec WC und .357 Mag VM

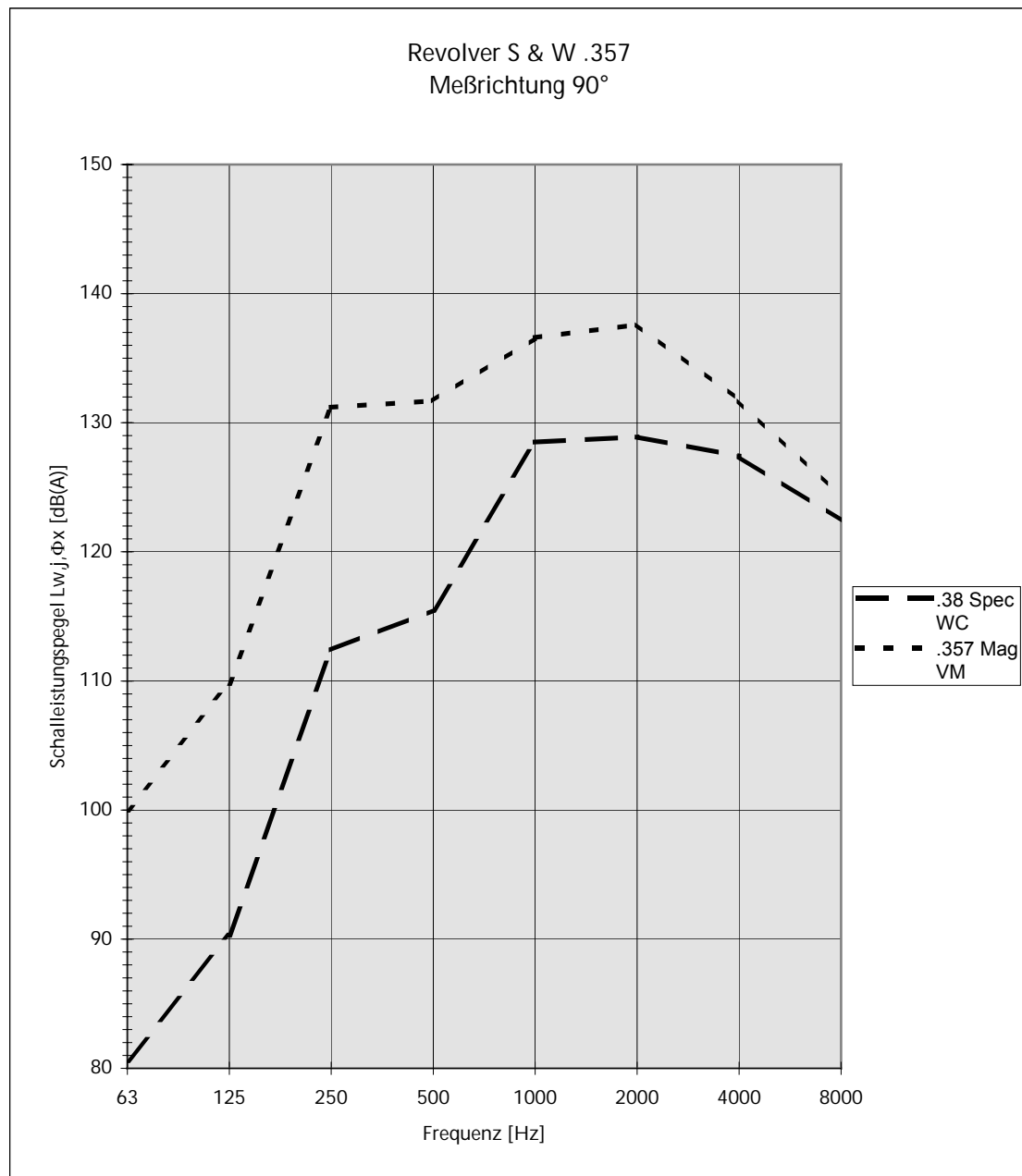


Schalleistungspegel in dB(A) für die Meßrichtung 45°

Freq.	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	8 kHz
.38 Spec	80,0	95,7	117,6	122,6	128,2	131,2	128,0	123,8
.357 Mag	100,3	109,2	133,2	139,6	140,3	137,0	131,3	125,7

Frequenzspektrum Revolver S & W .357

Anschlagart : stehend

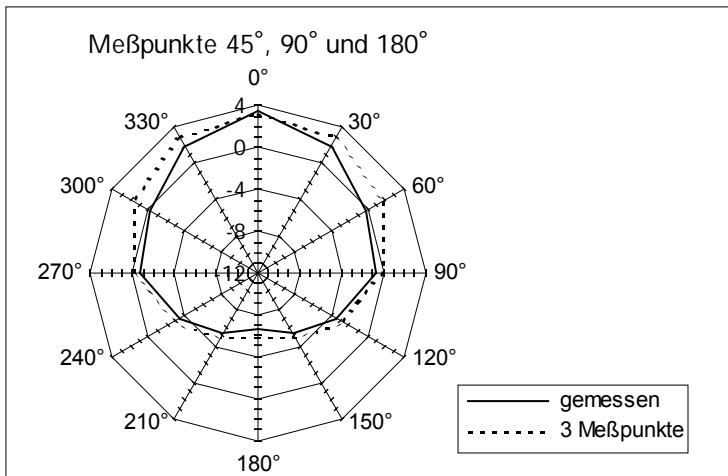
Vergleich : Munition *.38 Spec WC* und *.357 Mag VM*

Schalleistungspegel in dB(A) für die Meßrichtung 90°

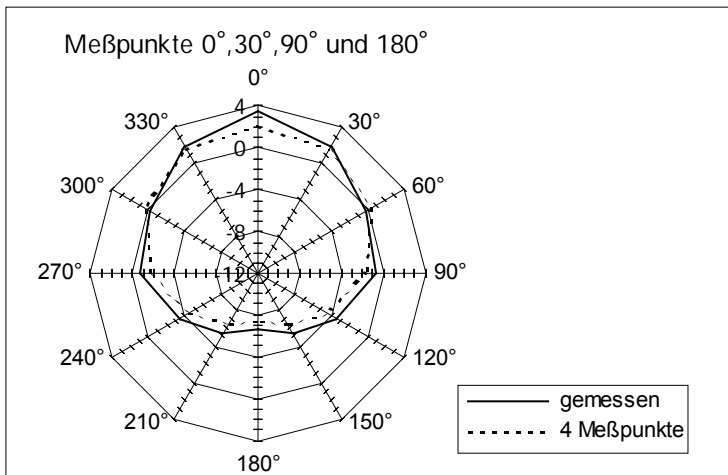
Freq.	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	8 kHz
.38 Spec	80,6	90,3	112,4	115,5	128,5	128,9	127,4	122,4
.357 Mag	100,0	109,8	131,2	131,7	136,6	137,6	131,7	124,2

Richtwirkungsmaß $DI(\Phi)$ des Revolvers S & W .38

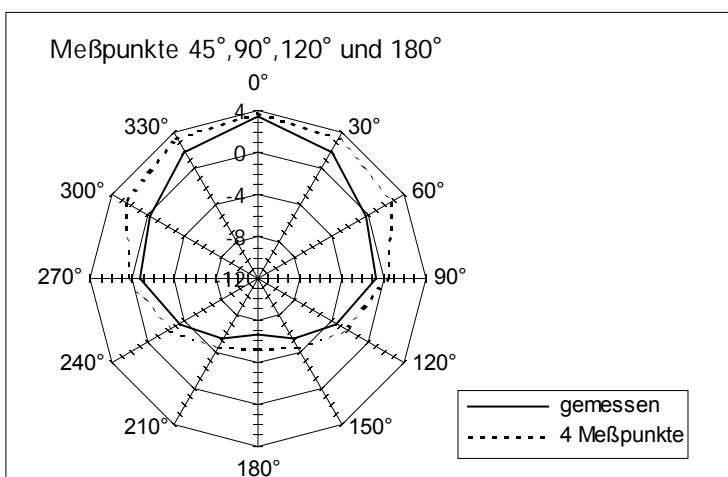
Vergleich : Meß- mit Rechenwerten



Winkel	Differenz
0°	- 0,3 dB(A)
30°	+ 1,0 dB(A)
60°	+ 1,9 dB(A)
90°	+ 0,7 dB(A)
120°	+ 0,8 dB(A)
150°	+ 0,4 dB(A)
180°	+ 0,7 dB(A)
210°	+ 0,4 dB(A)
240°	+ 0,8 dB(A)
270°	+ 0,7 dB(A)
300°	+ 1,9 dB(A)
330°	+ 1,0 dB(A)



Winkel	Differenz
0°	- 1,4 dB(A)
30°	- 0,2 dB(A)
60°	+ 0,5 dB(A)
90°	- 1,0 dB(A)
120°	- 0,9 dB(A)
150°	- 1,1 dB(A)
180°	- 0,8 dB(A)
210°	- 1,1 dB(A)
240°	- 0,9 dB(A)
270°	- 1,0 dB(A)
300°	+ 0,5 dB(A)
330°	- 0,2 dB(A)



Winkel	Differenz
0°	+ 0,3 dB(A)
30°	+ 1,6 dB(A)
60°	+ 2,5 dB(A)
90°	+ 1,2 dB(A)
120°	+ 1,3 dB(A)
150°	+ 0,9 dB(A)
180°	+ 1,2 dB(A)
210°	+ 0,9 dB(A)
240°	+ 1,3 dB(A)
270°	+ 1,2 dB(A)
300°	+ 2,5 dB(A)
330°	+ 1,3 dB(A)

Emissionskenngrößen der untersuchten Waffen

Kurz Waffen

Waffendaten				Munitionsdaten			
Nr.	Waffe	Kaliber	Lauf- länge	Hersteller	Geschoss- art	Kaliber	Mündungs- energie
1	Taurus	.38	6''	Geco	WC	.38 Spec	245 J
2	S & W	.38	6''	Geco	WC	.38 Spec	245 J
3	S & W	.357	6''	Geco	WC	.38 Spec	245 J
4	S & W	.357	6''	Geco	VM	.357 Mag	990 J
5	Marshal	.38	2''	RWS	Knallpatr.	9 mm	-

Langwaffen

Waffendaten				Munitionsdaten			
Nr.	Waffe	Kaliber	Lauf- länge	Hersteller	Geschoss- art	Kaliber	Mündungs- energie
6	Kepeller	.308 Win	60 cm	Magtech	VM	.308	3150 J
7	Kepeller	.308 Win	60 cm	PMP	VM	.308	3254 J

Anschlagart : liegend

Nr.	$L_{W,m,45^\circ}$ [dB(A)]	$L_{W,m,90^\circ}$ [dB(A)]	$L_{W,m,180^\circ}$ [dB(A)]	$L_{W,m}$ [dB(A)]	g_0 [dB(A)]	g_1 [dB(A)]	g_2 [dB(A)]
1	-	-	-	-	-	-	-
2	135,5	132,5	128,7	133,1	- 0,4	4,1	0,1
3	-	-	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-	-	-
5	-	-	-	-	-	-	-
6	147,6	141,0	136,8	144,0	- 1,5	7,2	1,5
7	147,9	141,4	138,1	144,4	- 1,2	6,8	1,7

Anschlagart : stehend

Nr.	$L_{W,m,45^\circ}$ [dB(A)]	$L_{W,m,90^\circ}$ [dB(A)]	$L_{W,m,180^\circ}$ [dB(A)]	$L_{W,m}$ [dB(A)]	g_0 [dB(A)]	g_1 [dB(A)]	g_2 [dB(A)]
1	135,5	133,2	129,5	133,4	- 0,3	3,4	- 0,1
2	136,1	133,5	127,7	133,6	- 0,7	4,6	- 0,6
3	134,9	133,5	129,7	133,2	- 0,2	2,7	- 0,5
4	144,6	141,8	140,4	142,6	- 0,1	2,9	0,8
5	139,4	135,4	132,5	136,7	- 0,5	4,5	0,8
6	147,3	141,9	136,2	143,9	- 1,4	6,8	0,6
7	147,8	142,3	137,2	144,4	- 1,3	6,7	0,8

Vergleich der überschlägigen Spektralkorrektur

Spektralkorrektur für Kurzwaffen

Nr.	Spektralkorrektur ΔL_i [dB(A)] für die stehende Schützenposition							
	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	8 kHz
1	- 53	- 40	- 19	- 14	- 7	- 3	- 7	- 14
2	- 53	- 39	- 19	- 14	- 6	- 4	- 7	- 12
3	- 53	- 39	- 19	- 14	- 6	- 4	- 7	- 11
4	- 43	- 33	- 12	- 7	- 4	- 6	- 11	- 17
5	- 40	- 30	- 17	- 7	- 4	- 5	- 11	- 18
Riedel	< - 40	- 36	- 15	- 10	- 5	- 5	- 9	- 15
Kurze	< - 40	- 35	- 12	- 6	- 4	- 6	- 10	- 15

Spektralkorrektur für Langwaffen

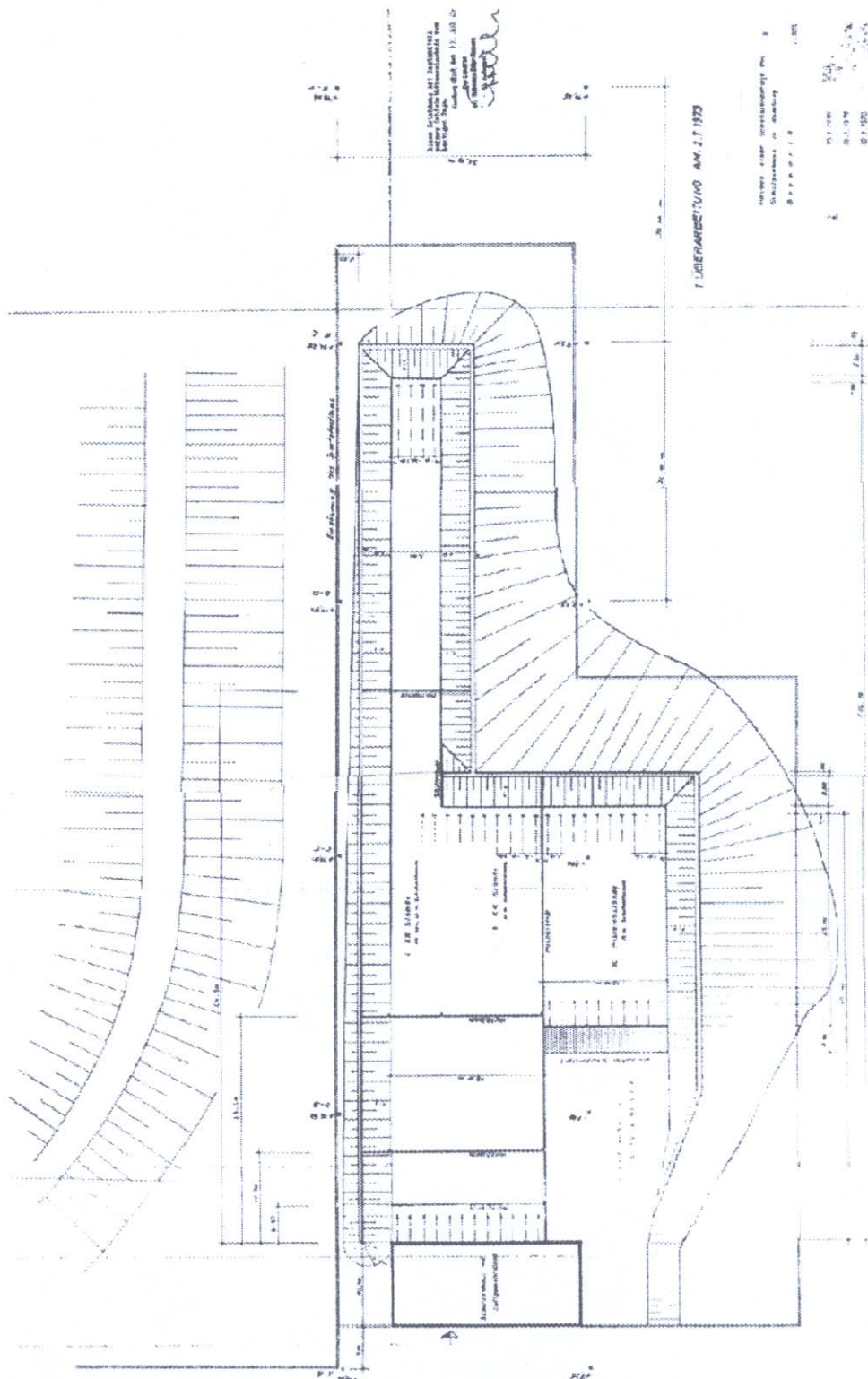
Nr.	Spektralkorrektur ΔL_i [dB(A)] für die liegende Schützenposition							
	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	8 kHz
6	- 30	- 19	- 15	-10	- 3	- 7	- 9	- 17
7	- 34	- 25	- 10	- 6	- 5	- 8	- 9	- 17
Riedel	- 30	- 22	- 12	- 8	- 4	- 7	- 9	- 17
Kurze	< -40	- 33	- 13	- 6	- 4	- 6	- 9	- 15

Vergleich des überschlägigen Schalleistungspegel

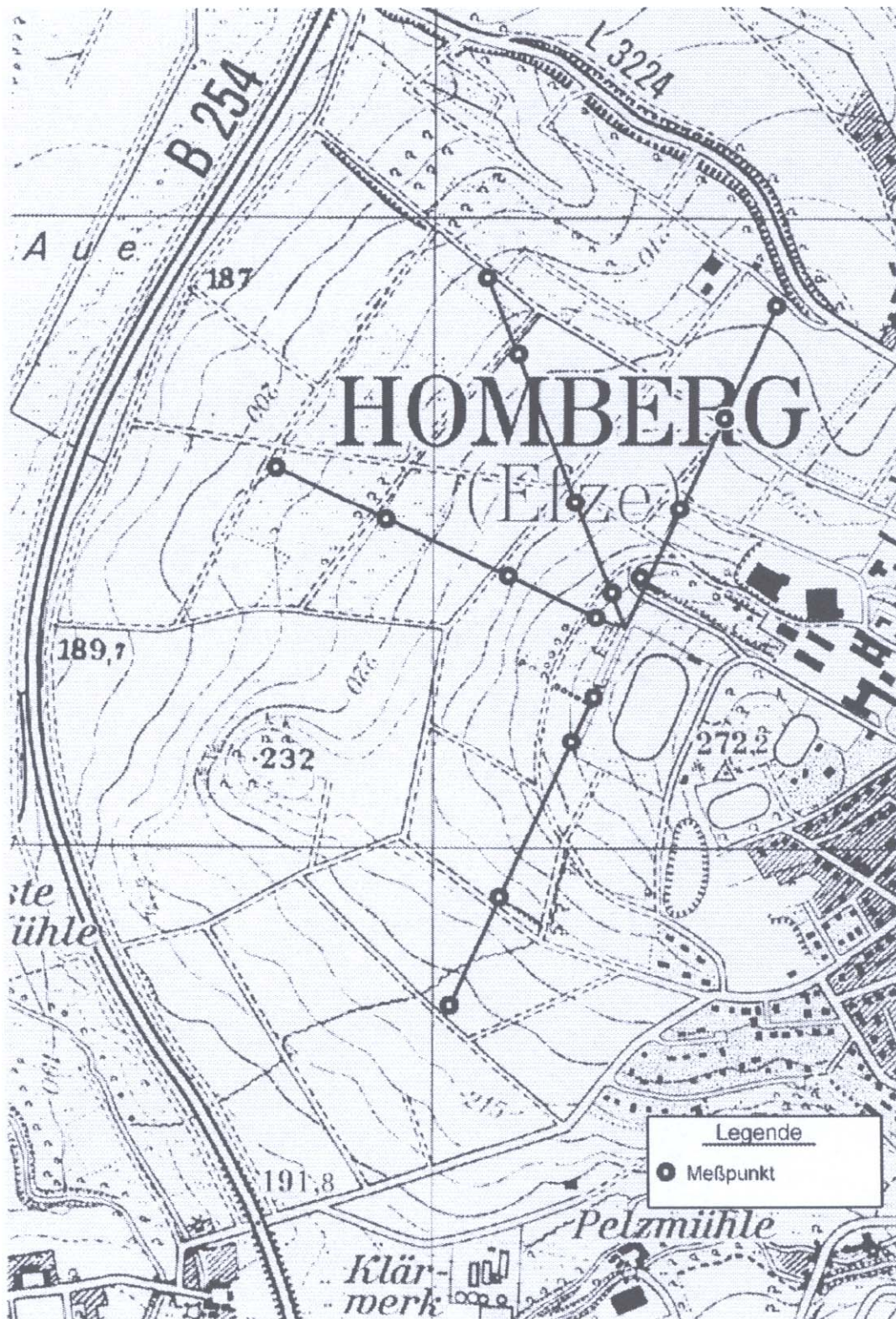
Schalleistungspegel für die Anschlagart liegend

Nr.	Länge	Mündungsenergie	$L_{W,m}$ gemessen	$L_{W,m}$ gerechnet
1	0,1524 m	245 J	133,4	135,1
2	0,1524 m	245 J	133,6	135,1
3	0,1524 m	245 J	133,2	135,1
4	0,1524 m	990 J	142,6	141,1
5	-	-	-	-
6	0,6 m	3150	143,9	145,0
7	0,6 m	3254	144,4	145,3

Grundrißplan der Schießanlage Homberg



Lageplan der Schießanlage Homberg und der Meßpunkte mit Höhenlinien



Immissionswerte in dB(A) für das Gewehr Keppeler Meßstrahl 1

Waffe :	Gewehr Keppeler	Munition :	Magtech .308 VM			
Winkel Φ zur Schußrichtung :	0°	Schußnummer				
		n = 1;6	n = 2;7	n = 3;8	n = 4;9	n = 4;10
Entfernung vom Emissionsort :	120 m	85,7	85,8	86,0	85,7	85,6
		85,0	85,5	86,2	85,6	84,7
gemittelter Pegel $L_{\Phi,x}$:	85,6					

Waffe :	Gewehr Keppeler	Munition :	Magtech .308 VM			
Winkel Φ zur Schußrichtung :	0°	Schußnummer				
		n = 1;6	n = 2;7	n = 3;8	n = 4;9	n = 4;10
Entfernung vom Emissionsort :	200 m	71,2	71,9	70,9	70,6	71,3
		72,3	70,2	71,2	74,2	73,5
gemittelter Pegel $L_{\Phi,x}$:	71,9					

Waffe :	Gewehr Keppeler	Munition :	Magtech .308 VM			
Winkel Φ zur Schußrichtung :	0°	Schußnummer				
		n = 1;6	n = 2;7	n = 3;8	n = 4;9	n = 4;10
Entfernung vom Emissionsort :	470 m	59,8	60,4	57,6	56,6	56,9
		56,6	57,5	60,4	62,4	63,2
gemittelter Pegel $L_{\Phi,x}$:	59,8					

Waffe :	Gewehr Keppeler	Munition :	Magtech .308 VM			
Winkel Φ zur Schußrichtung :	0°	Schußnummer				
		n = 1;6	n = 2;7	n = 3;8	n = 4;9	n = 4;10
Entfernung vom Emissionsort :	680 m	55,8	58,3	57,5	56,0	57,1
		58,0	57,4	59,2	56,7	57,0
gemittelter Pegel $L_{\Phi,x}$:	57,4					

Immissionswerte in dB(A) für den Schreckschußrevolver Meßstrahl 1

Waffe :	Schreckschußrevolver	Munition :	Knallpatronen			
Winkel Φ zur Schußrichtung :	350°	Schußnummer				
		n = 1;6	n = 2;7	n = 3;8	n = 4;9	n = 4;10
Entfernung vom Emissionsort :	100 m	68,1	65,2	68,8	67,1	66,1
		68,0	68,4	67,4	67,8	66,9
gemittelter Pegel $L_{\Phi,x}$:		67,5				

Waffe :	Schreckschußrevolver	Munition :	Knallpatronen			
Winkel Φ zur Schußrichtung :	355°	Schußnummer				
		n = 1;6	n = 2;7	n = 3;8	n = 4;9	n = 4;10
Entfernung vom Emissionsort :	180 m	62,1	61,2	61,9	61,3	63,8
		65,1	63,4	65,1	64,4	62,7
gemittelter Pegel $L_{\Phi,x}$:		63,3				

Waffe :	Schreckschußrevolver	Munition :	Knallpatronen			
Winkel Φ zur Schußrichtung :	0°	Schußnummer				
		n = 1;6	n = 2;7	n = 3;8	n = 4;9	n = 4;10
Entfernung vom Emissionsort :	450 m	51,9	50,9	53,0	52,8	55,4
		53,3	52,5	54,3	56,0	56,4
gemittelter Pegel $L_{\Phi,x}$:		54,0				

Waffe :	Schreckschußrevolver	Munition :	Knallpatronen			
Winkel Φ zur Schußrichtung :	0°	Schußnummer				
		n = 1;6	n = 2;7	n = 3;8	n = 4;9	n = 4;10
Entfernung vom Emissionsort :	660 m	49,7	50,0	50,1	51,1	52,2
		49,0	50,3	51,4	53,2	50,9
gemittelter Pegel $L_{\Phi,x}$:		51,0				

Immissionswerte in dB(A) für den Revolver Taurus Meßstrahl 1

Waffe :	Revolver Taurus	Munition :	Geco .38 Spec WC			
Winkel Φ zur Schußrichtung :	350°	Schußnummer				
		n = 1;6	n = 2;7	n = 3;8	n = 4;9	n = 4;10
Entfernung vom Emissionsort :	100 m	60,6	63,2	61,5	61,9	64,2
		62,5	63,4	62,0	61,7	64,0
gemittelter Pegel $L_{\Phi,x}$:		62,6				

Waffe :	Revolver Taurus	Munition :	Geco .38 Spec WC			
Winkel Φ zur Schußrichtung :	355°	Schußnummer				
		n = 1;6	n = 2;7	n = 3;8	n = 4;9	n = 4;10
Entfernung vom Emissionsort :	180 m	56,3	57,7	56,1	56,1	59,0
		56,9	56,8	57,5	57,4	59,0
gemittelter Pegel $L_{\Phi,x}$:		57,4				

Waffe :	Revolver Taurus	Munition :	Geco .38 Spec WC			
Winkel Φ zur Schußrichtung :	0°	Schußnummer				
		n = 1;6	n = 2;7	n = 3;8	n = 4;9	n = 4;10
Entfernung vom Emissionsort :	450 m	43,0	43,7	45,8	44,5	43,3
		44,3	43,6	42,5	44,9	43,8
gemittelter Pegel $L_{\Phi,x}$:		44,0				

Waffe :	Revolver Taurus	Munition :	Geco .38 Spec WC			
Winkel Φ zur Schußrichtung :	0°	Schußnummer				
		n = 1;6	n = 2;7	n = 3;8	n = 4;9	n = 4;10
Entfernung vom Emissionsort :	660 m	42,1	39,7	39,0	40,1	42,3
		39,9	41,2	40,2	39,2	41,1
gemittelter Pegel $L_{\Phi,x}$:		40,6				

Immissionswerte in dB(A) für das Gewehr Keppeler Meßstrahl 2

Waffe :	Gewehr Keppeler	Munition :	Magtech .308 VM			
Winkel Φ zur Schußrichtung :	90°	Schußnummer				
		n = 1;6	n = 2;7	n = 3;8	n = 4;9	n = 4;10
Entfernung vom Emissionsort :	80 m	81,7	81,7	82,5	81,9	82,2
		81,2	81,1	82,8	81,3	80,5
gemittelter Pegel $L_{\Phi,x}$:	81,5					

Waffe :	Gewehr Keppeler	Munition :	Magtech .308 VM			
Winkel Φ zur Schußrichtung :	0°	Schußnummer				
		n = 1;6	n = 2;7	n = 3;8	n = 4;9	n = 4;10
Entfernung vom Emissionsort :	220 m	64,7	60,1	61,4	59,5	65,1
		65,0	61,8	62,6	63,9	62,1
gemittelter Pegel $L_{\Phi,x}$:	63,3					

Waffe :	Gewehr Keppeler	Munition :	Magtech .308 VM			
Winkel Φ zur Schußrichtung :	90°	Schußnummer				
		n = 1;6	n = 2;7	n = 3;8	n = 4;9	n = 4;10
Entfernung vom Emissionsort :	450 m	52,8	51,2	51,0	50,3	50,8
		51,9	52,5	49,7	51,2	53,6
gemittelter Pegel $L_{\Phi,x}$:	51,7					

Waffe :	Gewehr Keppeler	Munition :	Magtech .308 VM			
Winkel Φ zur Schußrichtung :	0°	Schußnummer				
		n = 1;6	n = 2;7	n = 3;8	n = 4;9	n = 4;10
Entfernung vom Emissionsort :	630 m	47,0	48,3	50,7	51,3	46,4
		47,1	49,1	48,0	50,0	47,9
gemittelter Pegel $L_{\Phi,x}$:	48,9					

Immissionswerte in dB(A) für den Schreckschußrevolver Meßstrahl 2

Waffe :	Schreckschußrevolver	Munition :	Knallpatronen			
Winkel Φ zur Schußrichtung :	110°	Schußnummer				
		n = 1;6	n = 2;7	n = 3;8	n = 4;9	n = 4;10
Entfernung vom Emissionsort :	65 m	77,8	76,1	77,9	77,8	76,7
		76,5	77,0	76,0	78,2	78,2
gemittelter Pegel $L_{\Phi,x}$:		77,3				

Waffe :	Schreckschußrevolver	Munition :	Knallpatronen			
Winkel Φ zur Schußrichtung :	95°	Schußnummer				
		n = 1;6	n = 2;7	n = 3;8	n = 4;9	n = 4;10
Entfernung vom Emissionsort :	200 m	59,2	57,9	58,8	59,1	58,7
		58,2	58,7	58,9	59,2	60,0
gemittelter Pegel $L_{\Phi,x}$:		58,9				

Waffe :	Schreckschußrevolver	Munition :	Knallpatronen			
Winkel Φ zur Schußrichtung :	95°	Schußnummer				
		n = 1;6	n = 2;7	n = 3;8	n = 4;9	n = 4;10
Entfernung vom Emissionsort :	430 m	51,0	51,8	48,6	49,7	48,6
		49,5	49,9	50,7	51,3	55,7
gemittelter Pegel $L_{\Phi,x}$:		51,2				

Waffe :	Schreckschußrevolver	Munition :	Knallpatronen			
Winkel Φ zur Schußrichtung :	90°	Schußnummer				
		n = 1;6	n = 2;7	n = 3;8	n = 4;9	n = 4;10
Entfernung vom Emissionsort :	610 m	46,5	44,8	44,7	47,2	45,4
		48,3	48,1	45,7	44,0	46,1
gemittelter Pegel $L_{\Phi,x}$:		46,3				

Immissionswerte in dB(A) für den Revolver Taurus Meßstrahl 2

Waffe :	Revolver Taurus	Munition :	Geco .38 Spec WC			
Winkel Φ zur Schußrichtung :	110°	Schußnummer				
		n = 1;6	n = 2;7	n = 3;8	n = 4;9	n = 4;10
Entfernung vom Emissionsort :	65 m	72,1	73,0	71,3	72,2	71,8
		71,2	71,1	72,2	72,2	71,8
gemittelter Pegel $L_{\Phi,x}$:		71,9				

Waffe :	Revolver Taurus	Munition :	Geco .38 Spec WC			
Winkel Φ zur Schußrichtung :	95°	Schußnummer				
		n = 1;6	n = 2;7	n = 3;8	n = 4;9	n = 4;10
Entfernung vom Emissionsort :	200 m	54,1	53,9	53,9	53,3	53,0
		50,2	52,0	51,1	51,7	52,7
gemittelter Pegel $L_{\Phi,x}$:		52,8				

Waffe :	Revolver Taurus	Munition :	Geco .38 Spec WC			
Winkel Φ zur Schußrichtung :	95°	Schußnummer				
		n = 1;6	n = 2;7	n = 3;8	n = 4;9	n = 4;10
Entfernung vom Emissionsort :	430 m	43,1	42,2	41,7	41,8	43,5
		44,1	40,9	43,5	42,7	44,0
gemittelter Pegel $L_{\Phi,x}$:		42,9				

Waffe :	Revolver Taurus	Munition :	Geco .38 Spec WC			
Winkel Φ zur Schußrichtung :	90°	Schußnummer				
		n = 1;6	n = 2;7	n = 3;8	n = 4;9	n = 4;10
Entfernung vom Emissionsort :	610 m	40,8	38,7	39,0	36,1	40,2
		38,7	37,2	40,0	39,2	41,1
gemittelter Pegel $L_{\Phi,x}$:		39,3				

Immissionswerte in dB(A) für das Gewehr Keppeler Meßstrahl 3

Waffe :	Gewehr Keppeler	Munition :	Magtech .308 VM			
Winkel Φ zur Schußrichtung :	135°	Schußnummer				
		n = 1;6	n = 2;7	n = 3;8	n = 4;9	n = 4;10
Entfernung vom Emissionsort :	70 m	91,1	91,0	91,3	90,0	91,5
		90,1	91,4	90,7	89,7	87,6
gemittelter Pegel $L_{\Phi,x}$:	90,6					

Waffe :	Gewehr Keppeler	Munition :	Magtech .308 VM			
Winkel Φ zur Schußrichtung :	135°	Schußnummer				
		n = 1;6	n = 2;7	n = 3;8	n = 4;9	n = 4;10
Entfernung vom Emissionsort :	220 m	76,0	76,7	76,8	77,5	79,0
		79,9	79,9	75,8	76,2	79,6
gemittelter Pegel $L_{\Phi,x}$:	78,0					

Waffe :	Gewehr Keppeler	Munition :	Magtech .308 VM			
Winkel Φ zur Schußrichtung :	135°	Schußnummer				
		n = 1;6	n = 2;7	n = 3;8	n = 4;9	n = 4;10
Entfernung vom Emissionsort :	500 m	66,8	67,0	64,4	64,8	65,8
		65,9	68,4	66,4	69,7	68,1
gemittelter Pegel $L_{\Phi,x}$:	67,0					

Waffe :	Gewehr Keppeler	Munition :	Magtech .308 VM			
Winkel Φ zur Schußrichtung :	135°	Schußnummer				
		n = 1;6	n = 2;7	n = 3;8	n = 4;9	n = 4;10
Entfernung vom Emissionsort :	600 m	64,5	67,2	66,5	64,6	66,0
		65,9	68,0	65,2	66,1	66,8
gemittelter Pegel $L_{\Phi,x}$:	66,2					

Immissionswerte in dB(A) für den Schreckschußrevolver Meßstrahl 3

Waffe :	Schreckschußrevolver	Munition :	Knallpatronen			
Winkel Φ zur Schußrichtung :	155°	Schußnummer				
		n = 1;6	n = 2;7	n = 3;8	n = 4;9	n = 4;10
Entfernung vom Emissionsort :	80 m	77,7	78,2	77,4	77,9	77,0
		77,8	77,0	77,1	78,3	78,0
gemittelter Pegel $L_{\Phi,x}$:		77,7				

Waffe :	Schreckschußrevolver	Munition :	Knallpatronen			
Winkel Φ zur Schußrichtung :	145°	Schußnummer				
		n = 1;6	n = 2;7	n = 3;8	n = 4;9	n = 4;10
Entfernung vom Emissionsort :	225 m	67,9	67,7	64,4	65,6	63,8
		64,1	64,5	68,2	68,3	64,2
gemittelter Pegel $L_{\Phi,x}$:		66,3				

Waffe :	Schreckschußrevolver	Munition :	Knallpatronen			
Winkel Φ zur Schußrichtung :	140°	Schußnummer				
		n = 1;6	n = 2;7	n = 3;8	n = 4;9	n = 4;10
Entfernung vom Emissionsort :	500 m	56,3	55,2	52,6	51,7	54,1
		54,5	53,3	55,0	53,2	56,1
gemittelter Pegel $L_{\Phi,x}$:		54,4				

Waffe :	Schreckschußrevolver	Munition :	Knallpatronen			
Winkel Φ zur Schußrichtung :	135°	Schußnummer				
		n = 1;6	n = 2;7	n = 3;8	n = 4;9	n = 4;10
Entfernung vom Emissionsort :	600 m	47,4	47,2	46,9	47,1	48,3
		46,6	47,1	45,2	46,3	45,7
gemittelter Pegel $L_{\Phi,x}$:		46,9				

Immissionswerte in dB(A) für den Revolver Taurus Meßstrahl 3

Waffe :	Revolver Taurus	Munition :	Geco .38 Spec WC			
Winkel Φ zur Schußrichtung :	155°	Schußnummer				
		n = 1;6	n = 2;7	n = 3;8	n = 4;9	n = 4;10
Entfernung vom Emissionsort :	80 m	76,0	75,6	75,5	74,8	75,3
		73,5	72,8	76,0	74,8	76,0
gemittelter Pegel $L_{\Phi,x}$:		75,1				

Waffe :	Revolver Taurus	Munition :	Geco .38 Spec WC			
Winkel Φ zur Schußrichtung :	145°	Schußnummer				
		n = 1;6	n = 2;7	n = 3;8	n = 4;9	n = 4;10
Entfernung vom Emissionsort :	225 m	62,1	64,3	62,5	59,8	62,5
		62,0	61,7	59,7	60,3	61,2
gemittelter Pegel $L_{\Phi,x}$:		61,8				

Waffe :	Revolver Taurus	Munition :	Geco .38 Spec WC			
Winkel Φ zur Schußrichtung :	140°	Schußnummer				
		n = 1;6	n = 2;7	n = 3;8	n = 4;9	n = 4;10
Entfernung vom Emissionsort :	500 m	53,8	54,7	48,7	52,5	48,2
		52,7	54,6	51,5	54,0	53,8
gemittelter Pegel $L_{\Phi,x}$:		52,9				

Waffe :	Revolver Taurus	Munition :	Geco .38 Spec WC			
Winkel Φ zur Schußrichtung :	135°	Schußnummer				
		n = 1;6	n = 2;7	n = 3;8	n = 4;9	n = 4;10
Entfernung vom Emissionsort :	600 m	47,4	47,1	44,2	43,9	42,1
		46,2	47,4	43,3	41,8	40,5
gemittelter Pegel $L_{\Phi,x}$:		45,0				

Immissionswerte in dB(A) für das Gewehr Keppeler Meßstrahl 4

Waffe :	Gewehr Keppeler	Munition :	Magtech .308 VM			
Winkel Φ zur Schußrichtung :	180°	Schußnummer				
		n = 1;6	n = 2;7	n = 3;8	n = 4;9	n = 4;10
Entfernung vom Emissionsort :	100 m	80,0	80,3	78,7	80,9	80,8
		78,8	82,4	81,4	78,8	79,7
gemittelter Pegel $L_{\Phi,x}$:	80,3					

Waffe :	Gewehr Keppeler	Munition :	Magtech .308 VM			
Winkel Φ zur Schußrichtung :	180°	Schußnummer				
		n = 1;6	n = 2;7	n = 3;8	n = 4;9	n = 4;10
Entfernung vom Emissionsort :	230 m	67,0	67,6	69,9	66,0	71,8
		66,9	67,8	68,5	68,8	67,3
gemittelter Pegel $L_{\Phi,x}$:	68,5					

Waffe :	Gewehr Keppeler	Munition :	Magtech .308 VM			
Winkel Φ zur Schußrichtung :	180°	Schußnummer				
		n = 1;6	n = 2;7	n = 3;8	n = 4;9	n = 4;10
Entfernung vom Emissionsort :	370 m	67,4	67,7	68,0	66,4	63,7
		61,6	67,2	65,4	65,0	64,3
gemittelter Pegel $L_{\Phi,x}$:	66,1					

Waffe :	Gewehr Keppeler	Munition :	Magtech .308 VM			
Winkel Φ zur Schußrichtung :	180°	Schußnummer				
		n = 1;6	n = 2;7	n = 3;8	n = 4;9	n = 4;10
Entfernung vom Emissionsort :	590 m	62,4	62,8	62,4	65,5	60,0
		65,8	65,6	65,7	66,6	63,8
gemittelter Pegel $L_{\Phi,x}$:	64,5					

Immissionswerte in dB(A) für den Schreckschußrevolver Meßstrahl 4

Waffe :	Schreckschußrevolver	Munition :	Knallpatronen			
Winkel Φ zur Schußrichtung :	190°	Schußnummer				
		n = 1;6	n = 2;7	n = 3;8	n = 4;9	n = 4;10
Entfernung vom Emissionsort :	125 m	72,5	73,3	70,0	71,0	72,1
		69,8	70,2	74,5	74,2	72,5
gemittelter Pegel $L_{\Phi,x}$:	72,3					

Waffe :	Schreckschußrevolver	Munition :	Knallpatronen			
Winkel Φ zur Schußrichtung :	185°	Schußnummer				
		n = 1;6	n = 2;7	n = 3;8	n = 4;9	n = 4;10
Entfernung vom Emissionsort :	255 m	61,3	61,0	55,8	58,3	55,9
		57,4	59,1	58,0	60,8	56,9
gemittelter Pegel $L_{\Phi,x}$:	58,9					

Waffe :	Schreckschußrevolver	Munition :	Knallpatronen			
Winkel Φ zur Schußrichtung :	180°	Schußnummer				
		n = 1;6	n = 2;7	n = 3;8	n = 4;9	n = 4;10
Entfernung vom Emissionsort :	395 m	52,7	52,4	50,0	51,1	49,7
		50,6	51,3	52,7	53,3	51,2
gemittelter Pegel $L_{\Phi,x}$:	51,7					

Waffe :	Schreckschußrevolver	Munition :	Knallpatronen			
Winkel Φ zur Schußrichtung :	180°	Schußnummer				
		n = 1;6	n = 2;7	n = 3;8	n = 4;9	n = 4;10
Entfernung vom Emissionsort :	615 m	-	-	-	-	-
		-	-	-	-	-
gemittelter Pegel $L_{\Phi,x}$:	-					

Immissionswerte in dB(A) für den Revolver Taurus Meßstrahl 4

Waffe :	Revolver Taurus	Munition :	Geco .38 Spec WC			
Winkel Φ zur Schußrichtung :	190°	Schußnummer				
		n = 1;6	n = 2;7	n = 3;8	n = 4;9	n = 4;10
Entfernung vom Emissionsort :	125 m	67,6	66,9	69,4	66,4	70,2
		69,9	67,8	71,5	71,5	72,3
gemittelter Pegel $L_{\Phi,x}$:	69,8					

Waffe :	Revolver Taurus	Munition :	Geco .38 Spec WC			
Winkel Φ zur Schußrichtung :	185°	Schußnummer				
		n = 1;6	n = 2;7	n = 3;8	n = 4;9	n = 4;10
Entfernung vom Emissionsort :	255 m	59,5	55,4	56,0	53,9	58,6
		58,7	54,5	53,2	55,5	56,1
gemittelter Pegel $L_{\Phi,x}$:	56,6					

Waffe :	Revolver Taurus	Munition :	Geco .38 Spec WC			
Winkel Φ zur Schußrichtung :	180°	Schußnummer				
		n = 1;6	n = 2;7	n = 3;8	n = 4;9	n = 4;10
Entfernung vom Emissionsort :	395 m	51,0	55,8	51,3	50,2	51,6
		53,9	55,3	55,9	54,2	53,7
gemittelter Pegel $L_{\Phi,x}$:	53,7					

Waffe :	Revolver Taurus	Munition :	Geco .38 Spec WC			
Winkel Φ zur Schußrichtung :	180°	Schußnummer				
		n = 1;6	n = 2;7	n = 3;8	n = 4;9	n = 4;10
Entfernung vom Emissionsort :	615 m	-	-	-	-	-
		-	-	-	-	-
gemittelter Pegel $L_{\Phi,x}$:	-					

Emissionswerte des Gewehrstandes für das Gewehr Keppeler

Winkel	Entfernung	L_{Φ_x}	D_s	K_0	L_{W,Φ_x}
0°	120 m	85,6 dB(A)	52,6 dB(A)	3 dB(A)	135,2 dB(A)
90°	80 m	81,5 dB(A)	49,0 dB(A)	3 dB(A)	127,5 dB(A)
135°	70 m	90,6 dB(A)	47,9 dB(A)	3 dB(A)	135,5 dB(A)
180°	100 m	80,3 dB(A)	51,0 dB(A)	3 dB(A)	128,3 dB(A)
$L_{W,m}$					133,1 dB(A)
$g_0 = - 1,52$	$g_1 = 1,64$	$g_0 = 1,48$			

Emissionswerte des Pistolenstandes für den Revolver Taurus

Winkel	Entfernung	L_{Φ_x}	D_s	K_0	L_{W,Φ_x}
350°	100 m	62,6 dB(A)	51,0 dB(A)	6 dB(A)	107,6 dB(A)
110°	65 m	71,9 dB(A)	47,3 dB(A)	6 dB(A)	113,2 dB(A)
155°	80 m	75,1 dB(A)	49,1 dB(A)	6 dB(A)	118,2 dB(A)
190°	125 m	69,8 dB(A)	52,9 dB(A)	6 dB(A)	116,7 dB(A)
$L_{W,m}$					115,4 dB(A)
$g_0 = - 3,29$	$g_1 = - 5,01$	$g_0 = 0,61$			

Emissionswerte des Pistolenstandes für den Schreckschußrevolver

Winkel	Entfernung	L_{Φ_x}	D_s	K_0	L_{W,Φ_x}
350°	100 m	67,5 dB(A)	51,0 dB(A)	6 dB(A)	112,5 dB(A)
110°	65 m	77,3 dB(A)	47,3 dB(A)	6 dB(A)	118,6 dB(A)
155°	80 m	77,7 dB(A)	49,1 dB(A)	6 dB(A)	120,8 dB(A)
190°	125 m	72,3 dB(A)	52,9 dB(A)	6 dB(A)	119,2 dB(A)
$L_{W,m}$					118,7 dB(A)
$g_0 = - 1,75$	$g_1 = - 3,80$	$g_0 = - 0,72$			

Literatur

- [1] Müller-BBM Bericht Nr. 32048/1 vom 11.11.1996: „Richtlinie zur Prognose von Schießgeräuschemissionen“

- [2] Müller-BBM Bericht Nr. 32048/2 vom 19.11.1996: „Emissionswerte von Waffen“

- [3] VDI 2058 Blatt 1: „Beurteilung von Arbeitslärm in der Nachbarschaft“, September 1985

- [4] VDI 2714: „Schallausbreitung im Freien“, Januar 1988

- [5] VDI 2720 Blatt 1: „Schallschutz durch Abschirmungen im Freien“, März 1997

- [6] VDI 3745 Blatt 1: „Beurteilung von Schießgeräuschemissionen“, Mai 1993

- [7] VDI 45641: „Mittelung von Schallpegeln“, Juni 1990

- [8] Helmut Schmidt, „Schalltechnisches Taschenbuch“, VDI-Verlag, 2. Auflage, Düsseldorf 1976

- [9] Ivar Veit, „Technische Akustik“, Vogel-Verlag, 2. Auflage, Würzburg 1978

Übersicht der wichtigsten benutzten Formeln

Variablen :

- N = Anzahl der zu mittelnden Einzelschußpegel
 l = Anzahl der Meßpunkte in etwa gleichverteilten Richtungen

Index :

- j = Oktavmittenfrequenz
 n = Schußnummer
 Φ = Winkel des Meßpunktes zur Schußrichtung
 x = Meßpunktnummer
 m = Gemittelt über alle Meßrichtungen
 W = Schalleistung

Schallpegel :

- L_{j,n,Φ_x} = Maximaler Einzelschußpegel des Schusses n der Oktavmittenfrequenz j des Meßpunktes x im Winkel Φ zur Schußrichtung
 L_{j,Φ_x} = Mittelwert der maximalen Einzelschußpegel der Oktavmittenfrequenz j des Meßpunktes x im Winkel Φ zur Schußrichtung
 L_{n,Φ_x} = Maximaler Einzelschußpegel des Schusses n des Meßpunktes x im Winkel Φ zur Schußrichtung
 $L_{j,m}$ = Mittelwert der maximalen Einzelschußpegel der Oktavmittenfrequenz j aller Meßpunkte
 L_m = Mittelwert der maximalen Einzelschußpegel aller Frequenzen und aller Meßpunkte (Maximaler Schalldruckpegel)
 $L_{W,j,m}$ = Mittelwert des maximalen Schalleistungspegel des Mündungsknalls der Oktavmittenfrequenz j aller Meßrichtungen

- $L_{W,m}$ = Mittelwert des maximalen Schalleistungspegel aller Meßrichtungen und aller Frequenzen j (Gesamtschalleistungspegel)
- L_{W,j,Φ_x} = Maximaler Schalleistungspegel des Mündungsknalls der Oktavmittenfrequenz j im Winkel Φ zur Schußrichtung
- L_I = Zu erwartender Schalldruckpegel am Immissionsort