

Thema II

Schießgeräuschemissionen bei offenen Sportschießständen



Dr.-Ing. Ulrich J. Kurze
Müller-BBM GmbH
Robert-Koch-Straße 11, 82152 Planegg
Telefon: 089/85602-235

Referat 1

Schießgeräuschemissionen bei Schießständen

Offene Schießanlagen können für Anlieger eine häufig beklagte Geräuschbelastung darstellen. Aus dem errechneten A-Schallleistungspegel von Schusswaffen und der Mündungsenergie der Geschosse lässt sich Zusammenhang darstellen. Betriebliche oder bauliche Schallschutzmaßnahmen können getroffen werden, die zur Begrenzung der immissionswirksamen Schallleistung führen.

1 Einführung

Die Entstehung und Abstrahlung von Geräuschen wird als Geräuschemission bezeichnet. Bei Schießständen können Geräusche als Mündungsknall, als Geschosknall und als Auftreffknall auftreten. Von größter Bedeutung ist der Mündungsknall. Den Geschosknall gibt es nur bei überschallschneller Munition. Der Auftreffknall ist beim Auftreffen der Geschosse auf schwingungsfähige Strukturen wahrzunehmen aber meistens vernachlässigbar. Die Abstrahlung von einem Knallgeräusch ist in geschlossenen Räumen mit einem Nachhallvorgang verbunden. Bei üblicher Bemessung von Wänden und Decken ist in der Nachbarschaft davon kaum etwas zu hören, sodass die Genehmigung solcher Anlagen nach dem vereinfachten Verfahren gemäß §19 des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (BImSchG) durchgeführt wird.

Probleme sind dagegen häufig mit dem Betrieb von Schießständen als Freianlagen verbunden. Damit keine unzulässigen Störungen der Nachbarschaft auftreten, muss die Entstehung und

Abstrahlung von Geräuschen begrenzt werden. Was als zulässig anzusehen ist, ergibt sich aus der Technischen Anleitung zum Schutz gegen Lärm [1] in Verbindung mit der Richtlinie VDI 3745 Blatt 1 [2], Dort ist allerdings nur die Geräuscheinwirkung, die Immission geregelt. Die Verknüpfung zwischen Abstrahlung und Einwirkung von Geräuschen wird nach DIN ISO 9613-2 [3] prognostiziert.

Wenn immer es schwierig oder unmöglich ist Immissionsmessungen durchzuführen - z. B. weil die Witterungsbedingungen selten geeignet sind, starke Fremdgeräusche auftreten oder die Anlage erst geplant wird - hat es sich bewährt, von Emissionsdaten auszugehen und durch Anwendung der geregelten Ausbreitungsrechnung die Geräuschimmission zu bestimmen [4]. Geräuschemissionsdaten sind entsprechend von grundlegender Bedeutung für den Schutz der Umwelt.

2 Kenngrößen der Geräuschemission

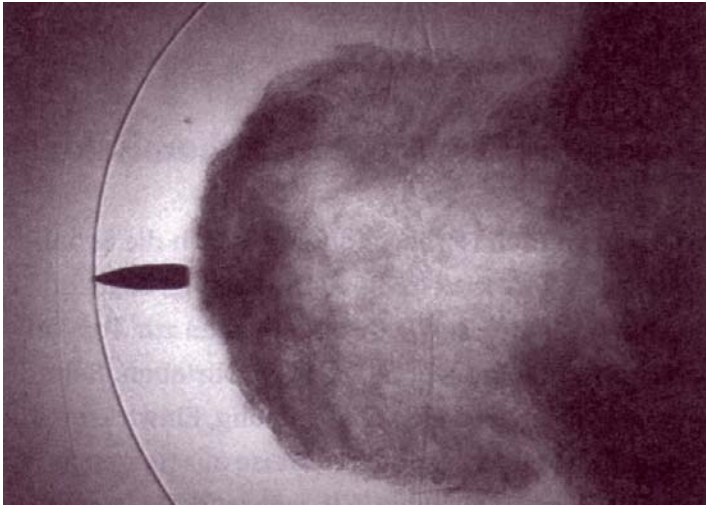
Allgemein werden Geräuschquellen durch die Schalleistung, die Einwirkzeit, die Richtwirkung, Lage- und Höhenkoordinaten sowie durch Angaben zur Ton-, Informations- und Impulshaltigkeit beschrieben. Beim Schießgeräusch werden Schalleistung, Einwirkzeit und Impulshaltigkeit in besonderer Weise zusammengefasst. Die Tonhaltigkeit entfällt, während die Informationshaltigkeit in der Beurteilung eingeschlossen ist.

Schalleistung und Richtwirkung ergeben sich aus Messungen bei Einzelschüssen mit bestimmter Waffe und Munition. Praktisch ist zwischen zwei Fällen zu unterscheiden, die sich aus dem Bezug auf Messpositionen im Freien innerhalb und außerhalb einer Anlage bzw. ohne und mit Anlage ergeben. Im ersteren Fall wird aus Schalldruckpegeln unter Berücksichtigung der Mess- und Quellpositionen auf die Geräuschquelle selbst geschlossen, im letzteren Fall auf die Geräuschquelle in der Anlage, deren Schalleistungspegel durch das Einfügungsdämpfungsmaß der Anlage reduziert und deren Richtwirkungsmaß durch die Anlage verändert ist.

Für die Planung ist es vorteilhaft, Kenngrößen für die Geräuschquelle ohne Anlage und für die Anlage selbst getrennt verfügbar zu haben. Damit kann zwischen der Geräuschemission und Schutzmaßnahmen im Ausbreitungsweg des Schalls deutlich unterschieden werden. Allerdings sind Messbedingungen für die Geräuschquelle ohne Anlage aus sicherheitstechnischen Gründen nicht immer einfach herstellbar.

Zu beachten ist die Besonderheit der Schießgeräuschbewertung nach VDI 3745-1. Aus messtechnischen Gründen wird nicht die Gesamtenergie eines Schussgeräuschs erfasst, die sich aus den Beiträgen von Mündungs-, Geschoss- und Auftreffknall samt Reflexionen an nahen und fernen Hindernissen zusammensetzt. Vielmehr wird der Maximalpegel in der Anzeigeart F eines Schallpegelmessers herangezogen, in den nur die Teilenergie in einem Zeitraum von etwa 125 ms um den höchsten Schalldruck eingeht. Innerhalb von 125 ms breitet sich der Schall über eine Entfernung von etwa 40 m aus. Reflexionen und andere Beiträge werden also hauptsächlich aus einem Umkreis von etwa 20 m um die stärkste Schallquelle berücksichtigt. Vereinfachend kann man den Einzelschuss durch einen Schalleistungspegel, der sich aus dem Maximalpegel mit einem Abstandsmaß ergibt, und eine Einwirkzeit von 125 ms kennzeichnen, die sich durch

einen Impulzzuschlag von 16 dB auf die äquivalente Dauer eines stetigen Geräuschs von etwa 5 s verlängert.



Büchsgeschoss nach Verlassen der Mündung

Schießgeräusche lassen sich nach dem Verfahren der Richtlinie VDI 3745-1 wie Dauengeräusche beschreiben. Dies geschieht primär durch den Schalleistungspegel des Mündungsknalls, die spektrale Zusammensetzung des Geräuschs und die Richtcharakteristik der Schallabstrahlung. In Sonderfällen des Schießens mit überschallschneller Munition kommt seitlich der Geschossbahn der Geschossknall hinzu, sofern er nicht durch Abschirmung an Sicherheitseinrichtungen vernachlässigbar ist. Vom Auftreffknall des Geschosses ist bei geeigneter Gestaltung des Geschosfangs stets abzusehen.

3. Schalleistungspegel des Mündungsknalls

Rechnet man vom Schalldruckpegel, der in einem Abstand von wenigen Metern von einer Geräuschquelle gemessen worden ist, über sphärische Ausbreitung auf den Schalldruckpegel zurück, der sich auf einer Kugel mit 1 m^2 Oberfläche um die Quelle herum ergäbe, so wird dessen energetischer Mittelwert über alle Raumrichtungen als Schalleistungspegel bezeichnet.

Der Mündungsknall von einer großkalibrigen Waffe klingt dumpf, der von einer kleinkalibrigen hell. Die unterschiedliche Lautstärkeempfindung von Quellen mit gleicher Schalleistung, aber unterschiedlichem Spektrum kann näherungsweise durch eine genormte Frequenzbewertung A beider Geräusche vergleichbar gemacht werden. Man spricht dann vom A-bewerteten oder kurz vom A-Schallpegel.

Messtechnisch liegen in der Regel nicht ausreichend viele und gleichmäßig in allen Raumrichtungen bestimmte Schalldruckpegel vor, um den Schalleistungspegel sehr genau angeben zu können. Häufig beschränkt man sich auf wenige Messwerte in der Horizontalen,

Als Näherungswert für den A-Schallleistungspegel wird daraus durch lineare Mittelung eine Größe e_0 bestimmt. Erfahrungswerte für diese Größe sind in Tabelle 1 in Zuordnung zu Waffen, Munition und Mündungsenergie angegeben.

Zwischen dem A-Schallleistungspegel und der Mündungsenergie besteht nach Abbildung 1 ein Zusammenhang, in dem allerdings zwischen Kleinkaliber-Gewehren, Kurzwaffen, Schrotflinten und Großkaliber-Gewehren zu unterscheiden ist. Kleinkaliber-Gewehre sind relativ leise, bedürfen aber bei hohen Schusszahlen und geringen Abständen zur Nachbarschaft der Beachtung. Kurzwaffen haben einen relativ hohen mechano-akustischen Wirkungsgrad. Sie sind umso lauter, je kürzer die Lauflänge ist. Für Schrotflinten, die beim Trap- und Skeet-Schießen eingesetzt werden, gelten die angegebenen Schallleistungspegel für übliche Munition mit einer Mündungsgeschwindigkeit von etwa 400 m/s. Unterschallschnelle Munition ist etwas leiser, hat sich aus schießtechnischen Gründen aber bisher wenig durchgesetzt. Angaben für Großkaliber-Gewehre beziehen sich auf die Anschlagart „liegend“. Unterschiede zu anderen Anschlagarten sind gering und praktisch zu vernachlässigen. Da bei Kurzwaffen offensives Pulver und bei Langwaffen progressives Pulver verwendet wird, ergibt sich eine unterschiedliche Abhängigkeit der Geräuschemission von der Lauflänge.

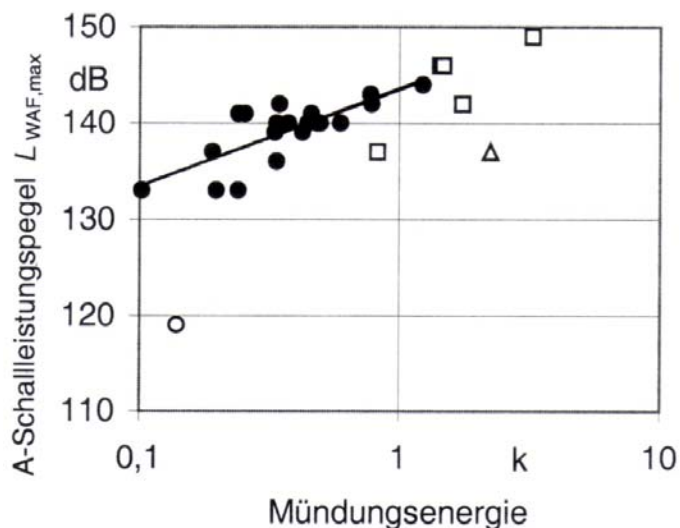


Abb. 1: Zusammenhang zwischen Schallleistungspegel und Mündungsenergie nach Messungen an (○) Kleinkaliber-Gewehren, (●) Kurzwaffen, (△) Schrotflinten und (□) Großkaliber-Gewehren

Hohe Schusszahlen und mangelnde Schallschutzmöglichkeiten beim Trap- und Skeet-Schießen machen diese Sportart zur größten Belastung für die Nachbarschaft. Unterschiede der Geräuschemission von Trap-Flinten, die eine stärkere Fokussierung des Schrots durch eine Einschnürung im Lauf (sog. Choke) bewirken, und Skeet-Flinten mit breiterer Streuung des Schrots sind nicht bekannt.

4. Richtwirkung

Abweichungen des A-Schalldruckpegels vom Mittelwert über eine Hüllfläche kennzeichnen in erster Näherung die Richtwirkung des Strahlers. Genauere Aussagen ergeben sich aus der Analyse in Frequenzbändern. Dazu liegen allerdings kaum Erfahrungswerte vor.

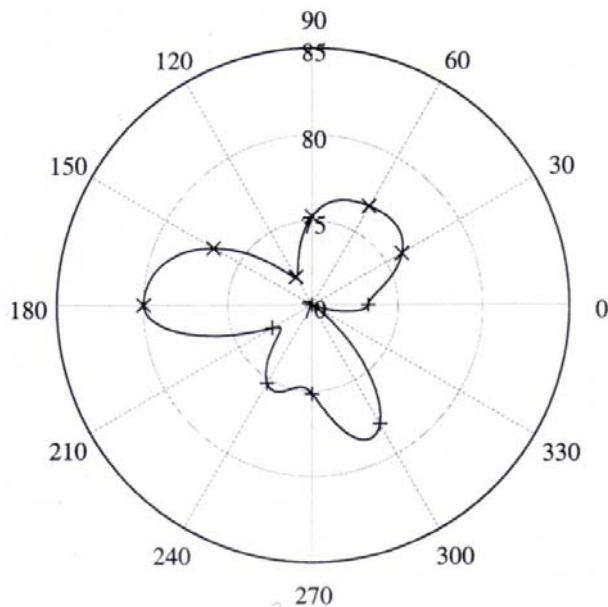


Abb. 2: Richtcharakteristik des A-Schalldruckpegels in 125m Abstand vom Mittelpunkt eines 100m-Schießstandes; (x,+) $L_{AF,max}$ in dB gemessen beim Schießen mit Hornet, (-) rechnerisch interpoliert.

Die Richtwirkung in der Horizontalebene gibt mit einem Maß g , etwa an, um wie viel höher der A-Schalldruckpegel in Schussrichtung bzw. um wie viel niedrigerer in entgegengesetzter Richtung ist als der Pegel querab. Für Gewehre ist im Mittel $g = 6$ dB, für Pistolen kleineren Kalibers 5 dB und für Pistolen größeren Kalibers 4 dB. Die Werte sind umso größer, je höherfrequent das Mündungsgeräusch ist.

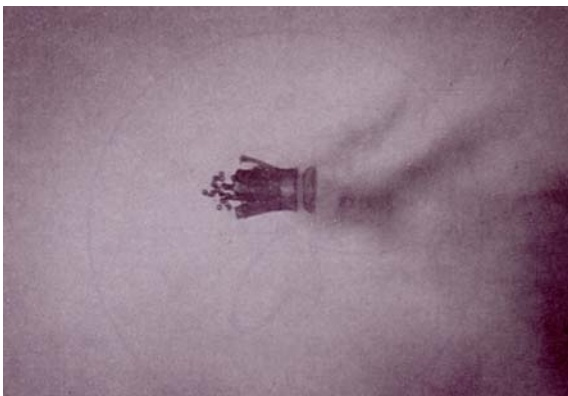
Als Maß höherer Ordnung, mit dem seitliche Einschnürungen und ungleichmäßige Ausprägungen des Vor-/Rückverhältnisses der Richtwirkung zu beschreiben sind, dient die Größe g_2 . Sie liegt für alle Waffen Mittel bei 1 dB.

Beim Trap- und Skeet-Schießen ist von wechselnden Schussrichtungen auszugehen, sodass keine bestimmte Richtwirkung der Schallabstrahlung auftritt. An Schießblenden und Kugelfängen können Abschirmungen und Reflexionen des Schalls auftreten, die zu einer wesentlichen Änderung der Richtwirkung führen.

Allgemein ist eine räumliche Fourier-Synthese nützlich, um aus einzelnen Messwerten in der Umgebung einer Anlage die Schallabstrahlung in beliebige Zwischenrichtungen zu prognostizieren (s. Abbildung 2).

5. Spektren

Für überschlägige Immissionsberechnungen kann nach DIN ISO 9613-2 von der spektralen Verteilung von Geräuschemissionen abgesehen werden. Ersatzweise werden frequenzabhängige Komponenten der Ausbreitungsdämpfung mit ihrem Wert bei einer Frequenz von 500 Hz angesetzt, um daraus die Minderung des A-Schalldruckpegels zu bestimmen. Mit angestiegener Rechnerkapazität ist es jedoch üblich geworden, die Frequenzabhängigkeit wenigstens in Oktavbändern zu berücksichtigen. Mit Spektralkorrekturen, deren energetische Summe über alle Frequenzbänder 0 dB ergibt, lässt sich, wie in Abbildung 3 angegeben, die relative Bedeutung einzelner Frequenzbänder für den A-Schallpegel aufzeigen.



Büchsengeschoss nach Verlassen der Mündung

Im Wesentlichen ist bei Gewehren zwischen drei Spektralkorrekturen zu unterscheiden. Diejenige für Schrotflinten zeigt mit einem Maximum bei 250 bis 500 Hz einen dumpfen Mündungsknall an. Ein scharfer Mündungsknall tritt mit einem Maximum bei 2 kHz für Kleinkaliber-Gewehre auf. Andere Gewehre liegen zwischen diesen Extremen mit spektralen Maxima bei etwa 1000 Hz.

Bei Kurz Waffen sind die Unterschiede der Spektren weniger ausgeprägt. Das wichtigste Oktavband liegt stets bei 1000 Hz. Für kleinkalibrige Waffen kommen wichtige höherfrequente Anteile hinzu, bei großkalibrigen niederfrequente.

Die Kenntnis von Spektren dient in erster Linie zur Bemessung von Schallschutzmaßnahmen in der Form von absorbierenden Verkleidungen und Abschirmeinrichtungen. Je niederfrequenter die Geräusche sind, umso größer und dicker müssen die Bauelemente sein.

6. Reflexionen

Grundsätzlich bieten Rechenprogramme heute die Möglichkeit, zusätzlich zum Direktschall von einer Geräuschquelle bis zu einem Immissionsort auch Reflexionen an Hindernissen in ihrem Beitrag zur Geräuschimmission zu berücksichtigen. Dies geschieht in der Regel über

Spiegelschallquellen, deren Quellstärke über den Schallabsorptionsgrad der reflektierenden Flächen bestimmt wird. Darin liegt bereits eine Näherung, die die diffuse Reflexion an rauen Flächen unberücksichtigt lässt. Auch ist der Rechenaufwand sehr hoch, um die Größe und eine beliebige schiefwinkelige Lage von Flächen hinreichend zu berücksichtigen. Schließlich sind die Rechenergebnisse, sofern sie standardmäßig ohne Berücksichtigung von Laufwegunterschieden ermittelt werden, nicht unbedingt konform mit der Mess- und Beurteilungsvorschrift von Schießgeräuschen nach VDI 3745-1.

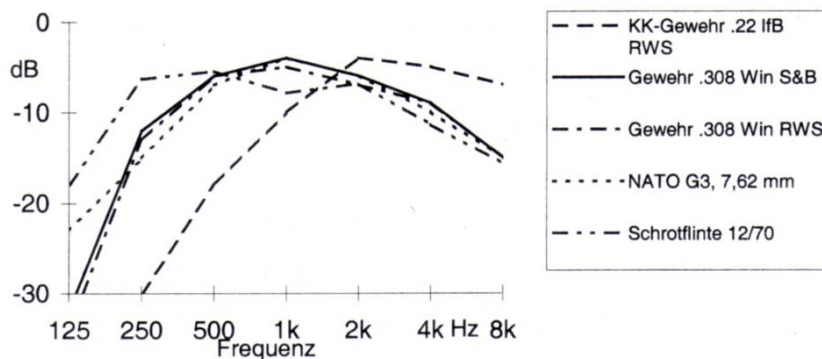


Abb. 3: Spektralkorrekturen in Oktavbändern für Langwaffen nach Tabelle 1

Aus diesen Gründen ist es praktisch unverzichtbar, im Nahfeld einer Anlage gesteuerte Messungen durchzuführen, mit denen die Gesamtheit aller quellnahen Reflexionen - und auch der wirksamen Abschirmungen - erfasst wird. Im Vergleich mit Freifelddaten, die zuvor als Emissionskenngrößen beschrieben wurden, lässt sich die Dämpfung einer Anlage, z.B. mit einer Reihe von Blenden und/oder einem Schützenhaus, angeben.

Durch Reflexionen an Blenden kommt es hinter dem Schützen im Freien zu erhöhten Geräuschpegeln, also zu negativen Dämpfungen. Einfache Schützenhäuser mit reflektierenden Wandflächen liefern nach vorn negative, nach hinten positive Dämpfungen. Die insgesamt abgestrahlte Schallleistung bleibt ungeändert. Erst durch Schallabsorption, die in einem möglichst großen Raumwinkel um die Mündung der Waffe herum wirksam sein muss, tritt eine wesentliche Minderung der Geräuschemission vom Mündungsknall auf.

7. Schlussbemerkungen

Schießanlagen im Freien stellen für Anlieger eine häufig beklagte Geräuschbelastung dar. Die Nutzung an Sonn- und Feiertagen sowie wochentags am Abend wird durch die TA Lärm auf wenige Stunden eingeschränkt, wenn eine Ruhezeiten-Pönale vermieden werden soll. (Eine Pönale für Nachtschießen hat in der Praxis geringere Bedeutung.) Einzelne Geräuschspitzen dürfen je nach Empfindlichkeit der Wohnnachbarschaft am Tag A-bewertete Schalldruckpegel von 80 bis 90 dB nicht überschreiten. Daraus lassen sich Mindestabstände zu Schießanlagen bestimmen. Praktisch wächst der Mindestabstand proportional zur Wurzel aus der Schusszahl

in Dimensionen, die oft nicht zur Verfügung stehen. So wird bei einer Trap- oder Skeet-Anlage mit stündlicher Schusszahl von 400 zu Zeiten, in denen keine Pönale anzurechnen ist, ein Abstand von etwa 1000 m über ebenem Gelände erforderlich, um den Immissionsrichtwert von 60 dB in einem Kern-, Dorf oder Mischgebiet nicht zu überschreiten. Stehen große Abstände oder natürliche Hindernisse für eine Dämpfung bei der Schallausbreitung nicht zur Verfügung, müssen betriebliche oder bauliche Schallschutzmaßnahmen getroffen werden, die zur Begrenzung der immissionswirksamen Schalleistung führen.

Schrifttum

- [1] Sechste Allgemeine Verwaltungsvorschrift vom 26.8. 98 zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm), GMBI1998, S. 503
- [2] VDI3745 Bl. 1, Beurteilung von Schießgeräuschimmissionen, Mai 1993
- [3] Dämpfung des Schalls bei der Ausbreitung im Freien - Teil 2: Allgemeines Berechnungsverfahren, Entwurf vom September 1997
- [4] Richtlinie zur Prognose von Schießgeräuschimmissionen, Hessische Landesanstalt für Umwelt, Heft 227, Nov. 1996

Tabelle 1: Handfeuerwaffen mit Einzulangabe e_0 (= $L_{WA,max}$) zur Geräuschemission (Messwerte)

Nr.	Waffe	Kaliber	Lauf- länge	Munition	Mündungs- energie, J	e_0 dB
Langwaffen						
1	KK-Gewehr	.22 lfB	0,66 m	RWS Standard	139	112 ^{1,2}
2	Anschütz	.22 lfB	0,66 m	RWS	139	114
3	Flinte	12/70		RWS Trap Spec.	2240	137 ^{1,2}
4	div. Flinten			Diverse		137 ^{1,2,4}
5	Gewehr	.22 Hornet	0,6 m	RWS TS	824	137 ^{1,2}
6	M16	.223 Rem			1750	140 ³
7	Stgw 90	.223 Rem			1500	146
8	Gewehr	.308 Win	0,69 m	S&B	3502	145
9	Gewehr	.308 Win	0,60 m	MEN VS	3513	147 ^{1,2}
10	Gewehr	.308 Win	0,69 m	RWS	3966	144
11	Stgw 57				3250	148
12	AK 4	7,62 mm			3600	143 ²
13	NATO G3	7,62 mm			3600	145
14	Gewehr K98	.30-06		Springfield 7,62x63		147 ^{1,2}
15	Gewehr	.243 Win		RWS KS		147 ^{1,2}
16	Gewehr	7x64	0,65 m	RWS TIG	4061	149 ^{1,2}
17	Gewehr	8x68S	0,65 m	RWS KS	5735	150 ^{1,2}
Kurz Waffen						
18	Pistole	.22 lfB		RWS Standard		131 ^{1,2}
19	Walther GSP	.22 lfB	0,115 m	Win T22	284	132
20	SIG-Hämmerli P240	.32 S&W	0,15 m	WC Geco	197	130
21	Walther PPK	7,65	0,085 m	Geco	190	136
22	Revolver	.38 Spec.	6"	WC Geco	363	138 ^{1,2}
23	S&W 686	.38 Spec.	6"	WC Win	239	133
24	S&W 686	.38 Spec.	6"	Magtech	337	136
25	S&W 686	.38 Spec.	6"	Federal	331	138
26	S&W 686	.38 Spec.	6"	Geco	423	138
27	Revolver	.38 Spec.	6"	Geco Blei-RK	363	141 ^{1,2}
28	Colt Goldcup	45ACP,	5"	Federal	337	139
29	Colt Goldcup	45ACP	5"	Magtech	444	139
30	Colt Goldcup	45ACP	5"	Win	485	140
31	Pistole	9 mm Para	0,112 m	Win VM	284	143 ^{1,2}
32	Pistole	9 mm Para				140
33	SIG 210/6	9 mm Para	0,115 m	RWS	496	138
34	SIG 210/6	9 mm Para	0,115 m	Win	483	138
35	SIG 210/6	9 mm Para	0,115 m	TPZ	374	138
36	Colt	.38 Spec.	2"	Magtech	254	139
37	Detective	.38 Spec.	2"	Federal	239	140
38	Spec.	.38 Spec.	2"	Geco	345	140
39	S&W 686	.357 Mag.	6"	Win	772	144
40	S&W 686	.357 Mag.	6"	S&B	780	143
41	S&W 29	.44 Mag.	6"	CCI	593	141
42	S&W 29	.44 Mag.	6"	Norma	1229	145
43	Revolver	.357 Mag.	6"	Norma TF	1010	148 ^{1,2}

¹ nur Messrichtung 90°, ² umgerechnet aus Impulsschallpegel (-5 dB), ³ umgerechnet aus SEL (+9 dB), ⁴ Mittelwert