

Langzeitmessungen in der Umgebung von Schießanlagen

Mattias Trimpop

IfL Institut für Lärmschutz GmbH, 40489 Düsseldorf, E-Mail: trimpop@ifl-acoustics.de

Einleitung

In einer Langzeitmessung wurden über zwei Monate Immissionspegel von Schießgeräuschen quellnah und in typischen Immissionsentfernungen zwischen etwa 200 m und 500 m in mehreren Ausbreitungsrichtungen erfasst. Parallel dazu wurden die Wind- und Temperaturverläufe gemessen. Diese Messergebnisse wurden so aufbereitet, dass den gemessenen Schussereignissen aufgrund der Nahbereichsmessung und der Dokumentation des Schießbetriebes bestimmte Emissionssituationen zugewiesen werden konnten. Damit kann die Messung als eine gesteuerte Messung gelten. Über gleiche Emissionssituationen wurden zu den Immissionspegeln statistische Auswertungen durchgeführt, die im Folgenden vorgestellt und diskutiert werden.

Messung

Für die hier vorgestellte Statistikauswertung wurde eine Dauermessung an eine Schießanlage verwendet, die ursprünglich für eine andere Auswertemethode konzipiert wurde. Aufgrund der Lage und Anzahl der quellnahen Referenzmikrofone und der seitens der Bundeswehr bereitgestellten Dokumentation des Schießbetriebes konnte die hier vorgestellte Auswertung durchgeführt werden. Die Schießanlage bestand aus einem Gewehr-Stand (A-Stand mit Schusspositionen bis 300 m) und zwei Pistolen-Ständen (D-Stände mit Schusspositionen bis 25 m). Mittels der Pegelverläufe zweier im Nahbereich der D-Stände lokalisierter Referenzmikrofone wurde die Quellortbestimmung für einzelne Schallereignisse auf den D-Ständen ermöglicht. Das Gelände um die Anlage ist flach und es konnten Immissionsorte bei typischen Entfernungen ohne die Schallausbreitung beeinflussende Bebauung oder Vegetation auf dem umliegenden Gelände errichtet werden.

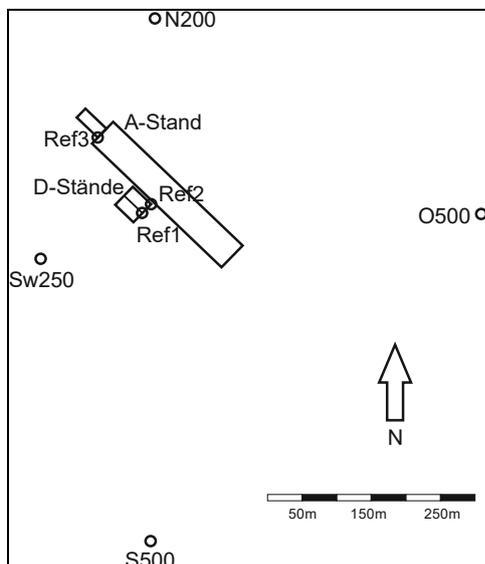


Abbildung 1: Lageplan der Schießanlage und der Messstellen (inkl. Referenzmessstellen auf A- und D-Ständen)

Im Nahbereich der Schießanlage wurde außerdem ein Wind- und Temperaturmessgerät verwendet. Im Messzeitraum lagen 22 Schießtage.

Auf den Pistolen-Ständen wurden ca. 1.700 Schüsse durch die Referenzmikrofone erfasst. Aufgrund von gleichzeitig gefallenen Schüssen, Fremdgeräuschen, Wartungsarbeiten oder zu geringem Störgeräuschabstand konnten in den Messstellen nicht alle erfassten Schüsse verwendet werden. Über die Synchronisierung der Messgeräte wurden alle in den Messstellen erfassten Schüsse den in den Referenzmikrofonen erfassten Schüssen zugeordnet.

Die im A-Stand abgegebenen Schüsse konnten an den Messstellen zwar erfasst werden, die Bestimmung einer festen Quellposition war hier aufgrund des ursprünglich für eine andere Messaufgabe konzipierten Aufbaus nicht möglich. Daher wurde die Auswertung auf die von den D-Ständen ausgehenden Schussemissionen beschränkt. Die Abstände von der Mitte der D-Stände zu den Messstellen betragen 210 m zu SW250, 270 m zu N200, 495 m zu S500 und 505 m zu O500. (Die Namensgebung beruhte auf dem Abstand zum Zielbereich des A-Standes.)

Die Abbildungen der Pegelhäufigkeitsverteilungen (Abb. 2 und Abb. 3) des Referenzmikrofons Ref1 im Nahbereich der D-Stände zeigen, dass hier keine Normalverteilung vorliegt. Dieses ist auch nicht zu erwarten, da die hier vorzufindende Streuung der Pegel nicht aufgrund von oft normalverteilten Pegelstreuungen erzeugendem Witterungseinfluss herrühren, sondern von den unterschiedlichen Waffen und unterschiedlichen Quellpositionen. Gerade die variablen Quellpositionen führen zu unterschiedlichen Abständen zum Referenzmikrofon Ref1 bei unterschiedlichen Ausbreitungswinkeln des im Referenzmikrofon eintreffenden Schalls relativ zur Schussrichtung. Letzteres führt aufgrund der Richtcharakteristik der Waffen zu einer zusätzlichen Pegelstreuung.

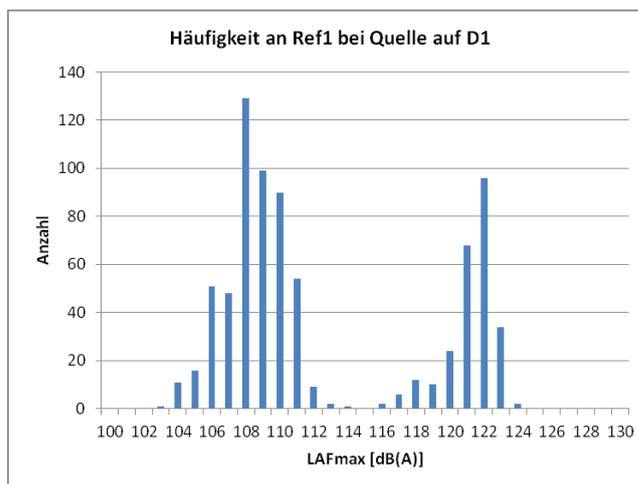


Abbildung 2: Häufigkeitsverteilung der quellnahen Immissionspegel an Ref1 bei Schussposition auf dem Stand D1

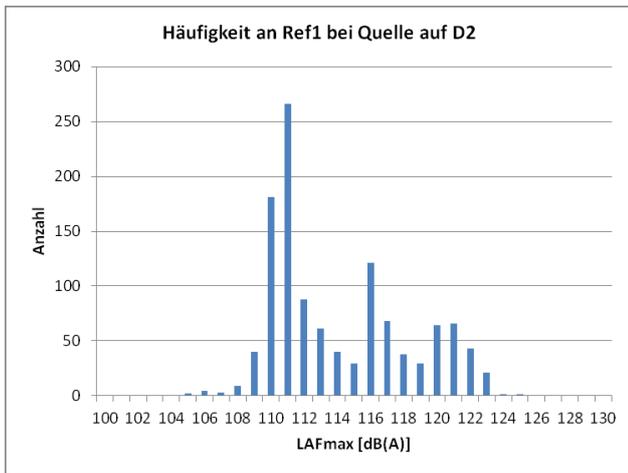


Abbildung 3: Häufigkeitsverteilung der quellnahen Immissionspegel an Ref1 bei Schussposition auf dem Stand D2

Um die allein aufgrund des Wetters bedingte Pegelstreuung an den entfernten Messpunkten ermitteln zu können, wurden die Immissionspegel bezogen auf eine feste Quellposition sortiert. Auf den D-Ständen wurde neben dem Maschinengewehr MG3 auch die Pistole P8 verwendet. Die Schüsse der Pistole sind dabei um ca. 10-14 dB leiser als die Schüsse mit MG3. Dieser Umstand als auch der Vergleich mit einem weiteren Referenzmikrofon Ref2 wurde genutzt, um festzustellen, auf welchem Stand welche Waffe geschossen wurde. Für die entfernten Messstellen wurden dann, bezogen auf die Quellpositionen, die entsprechenden gemessenen Immissionspegel ermittelt.

Um die Emissionssituationen auf möglichst gleiche Schusspositionen und gleiche Quellpegel einzugrenzen, werden im Folgenden nur die Schüsse betrachtet, bei denen im Referenzmikrofon beim MG3 auf D1 die Pegel in den Pegelklassen 121 dB und 122 dB lagen, bei P8 auf D1 in den Pegelklassen 108 dB und 109 dB, beim MG3 auf D2 in den Pegelklassen 120 dB und 121 dB und bei P8 auf D2 in den Pegelklassen 110 dB und 111 dB. Dadurch wird die in die Statistik eingehende Anzahl an Schüssen weiter reduziert.

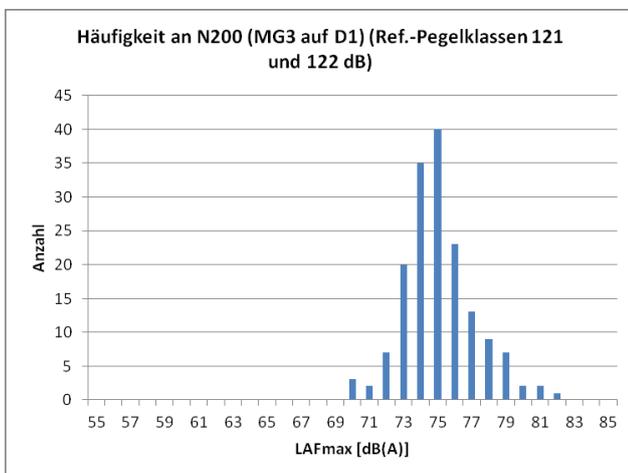


Abbildung 4: Häufigkeitsverteilung der Immissionspegel an N200 für die MG3-Schüsse auf dem Stand D1 (Referenz-Pegelklassen 121 und 122 dB)

Für das MG3 auf D2 und P8 auf D1 sehen die Verteilungen ähnlich normalverteilt aus wie für das MG3 auf D1; für die

P8 auf D2 ergibt sich jedoch eine deutlich unterschiedliche Verteilung (Abb. 5).

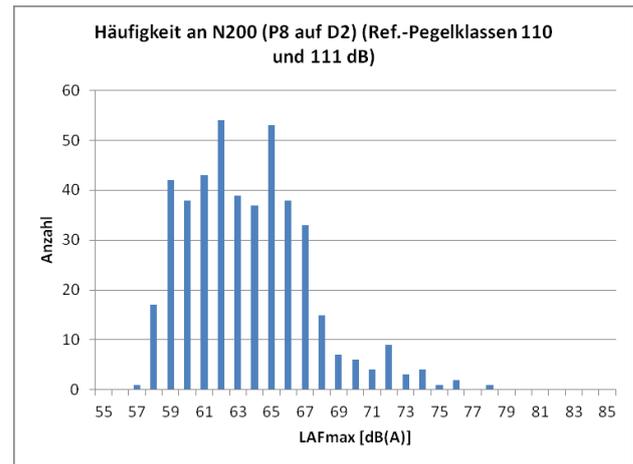


Abbildung 5: Häufigkeitsverteilung der Immissionspegel an N200 für die P8-Schüsse auf dem Stand D2 (Referenz-Pegelklassen 110 und 111 dB)

Aus Abb. 5 ist ersichtlich, dass sich bei der Waffe P8 auf dem D2-Stand die Pegelstreuung an N200 deutlich von der Pegelverteilung in Abb. 4 unterscheidet; hier sind die bereits in dem Referenzmikrofon Ref1 ersichtlichen unterschiedlichen Quellpositionen der P8 (s. Abb. 3) der Grund für die Pegelstreuung. Daher werden im Folgenden nur noch die Kombinationen MG3 auf D1 und D2 sowie P8 auf D1 herangezogen, da nur bei diesen Kombinationen von einer bestimmten Emissionssituation (mit gleicher Quellposition) ausgegangen werden kann.

Zusammen mit den in 5 Minuten Intervallen ermittelten Windrichtungswerten wurden dann aus den Immissionswerten die entsprechenden Ereignisse pro Ausbreitungsklasse (Mit-, Quer- oder Gegenwind) gefiltert und wiederum jeweils eine Pegelstatistik erstellt. Zu allen Pegelstatistiken wurden mehrere typische Perzentilwerte als auch der energetische Mittelwert und die Standardabweichung bestimmt.

Da für einige Kombinationen nur sehr wenige oder gar keine Schussereignisse zu finden waren, aber eine solide Datenlage gefordert war, wurden nur statistische Werte angegeben, wenn mehr als 30 Schüsse in der jeweiligen Kombination vorlagen.

Die folgenden Tabellen 1-3 geben einen Überblick über die Ergebnisse. Die Werte sind dabei in dB(A) angegeben.

Tabelle 1: Mitwindauswertung

MG3 auf D1		N200	SW250	O500	S500
10%	dB(A)	-	78,4	-	-
25%	dB(A)	-	79,6	-	-
50%	dB(A)	-	80,9	-	-
75%	dB(A)	-	82,9	-	-
90%	dB(A)	-	84,4	-	-
75%-25%	dB(A)	-	3,4	-	-
90%-10%	dB(A)	-	6,0	-	-
energ. MW.	dB(A)	-	82,4	-	-
StdAbw.	dB(A)	-	2,8	-	-
Anzahl		1	69	0	0

P8 auf D1		N200	SW250	O500	S500
10%	dB(A)	-	73,2	55,5	61,7
25%	dB(A)	-	74,0	56,4	63,2
50%	dB(A)	-	75,1	62,6	64,8
75%	dB(A)	-	76,3	66,0	66,1
90%	dB(A)	-	77,5	69,5	67,1
75%-25%	dB(A)	-	2,3	9,6	2,9
90%-10%	dB(A)	-	4,3	14,0	5,4
energ. MW.	dB(A)	-	75,4	65,3	65,0
StdAbw.	dB(A)	-	1,7	5,4	2,2
Anzahl		1	62	86	150
MG3 auf D2		N200	SW250	O500	S500
10%	dB(A)	-	73,8	-	-
25%	dB(A)	-	74,6	-	-
50%	dB(A)	-	75,2	-	-
75%	dB(A)	-	76,3	-	-
90%	dB(A)	-	77,2	-	-
75%-25%	dB(A)	-	1,7	-	-
90%-10%	dB(A)	-	3,4	-	-
energ. MW.	dB(A)	-	75,6	-	-
StdAbw.	dB(A)	-	1,6	-	-
Anzahl		12	37	0	0

Tabelle 2: Querwindauswertung

MG3 auf D1		N200	SW250	O500	S500
10%	dB(A)	72,3	79,9	-	58,6
25%	dB(A)	73,5	80,3	-	60,1
50%	dB(A)	74,6	81,2	-	62,7
75%	dB(A)	75,5	82,0	-	64,1
90%	dB(A)	77,5	82,7	-	66,3
75%-25%	dB(A)	2,0	1,7	-	4,0
90%-10%	dB(A)	5,2	2,8	-	7,7
energ. MW.	dB(A)	75,2	81,4	-	64,1
StdAbw.	dB(A)	2,1	1,5	-	3,5
Anzahl		163	80	18	142
P8 auf D1		N200	SW250	O500	S500
10%	dB(A)	59,0	69,4	54,3	54,9
25%	dB(A)	60,0	71,1	55,4	57,8
50%	dB(A)	61,3	72,2	56,8	62,6
75%	dB(A)	62,8	73,6	58,0	65,2
90%	dB(A)	64,2	74,3	59,7	68,0
75%-25%	dB(A)	2,8	2,5	2,6	7,4
90%-10%	dB(A)	5,2	4,9	5,4	13,1
energ. MW.	dB(A)	62,0	72,5	57,3	63,8
StdAbw.	dB(A)	2,1	2,0	2,1	4,7
Anzahl		107	149	138	97
MG3 auf D2		N200	SW250	O500	S500
10%	dB(A)	73,5	71,6	-	59,7
25%	dB(A)	74,4	72,4	-	61,0
50%	dB(A)	75,5	72,9	-	62,6
75%	dB(A)	76,9	73,6	-	63,9
90%	dB(A)	78,5	74,5	-	65,0
75%-25%	dB(A)	2,5	1,3	-	2,9
90%-10%	dB(A)	5,0	2,9	-	5,3
energ. MW.	dB(A)	76,4	73,3	-	63,4
StdAbw.	dB(A)	2,2	1,3	-	2,5
Anzahl		118	103	28	117

Tabelle 3: Gegenwindauswertung

MG3 auf D1		N200	SW250	O500	S500
10%	dB(A)	-	-	51,9	-
25%	dB(A)	-	-	53,4	-
50%	dB(A)	-	-	58,6	-
75%	dB(A)	-	-	62,6	-
90%	dB(A)	-	-	64,1	-
75%-25%	dB(A)	-	-	9,2	-
90%-10%	dB(A)	-	-	12,1	-
energ. MW.	dB(A)	-	-	60,4	-
StdAbw.	dB(A)	-	-	4,8	-
Anzahl		0	7	134	15
P8 auf D1		N200	SW250	O500	S500
10%	dB(A)	57,6	63,2	-	-
25%	dB(A)	58,7	64,3	-	-
50%	dB(A)	60,1	65,3	-	-
75%	dB(A)	61,1	66,8	-	-
90%	dB(A)	62,4	68,8	-	-
75%-25%	dB(A)	2,4	2,6	-	-
90%-10%	dB(A)	4,8	5,7	-	-
energ. MW.	dB(A)	60,5	66,5	-	-
StdAbw.	dB(A)	2,0	2,3	-	-
Anzahl		120	50	21	0
MG3 auf D2		N200	SW250	O500	S500
10%	dB(A)	-	-	51,3	-
25%	dB(A)	-	-	55,5	-
50%	dB(A)	-	-	58,2	-
75%	dB(A)	-	-	59,4	-
90%	dB(A)	-	-	60,6	-
75%-25%	dB(A)	-	-	3,9	-
90%-10%	dB(A)	-	-	9,2	-
energ. MW.	dB(A)	-	-	58,1	-
StdAbw.	dB(A)	-	-	3,2	-
Anzahl		0	9	85	26

In allen Immissionsorten wurde geprüft, ob die Verteilung der P8-Schüsse durch die untere Auswertegrenze von 50 dB nach unten abgeschnitten ist. Dieses ist weder an den Pegelstatistiken direkt zu erkennen, noch sind die in einem solchen Fall daraus folgenden geringeren Standardabweichungen zu beobachten.

Um aus den Werten der Tabellen 1 bis 3 einen Überblick zu erhalten, wurden alle Standardabweichungen über dem Abstand aufgetragen (Abb. 6).

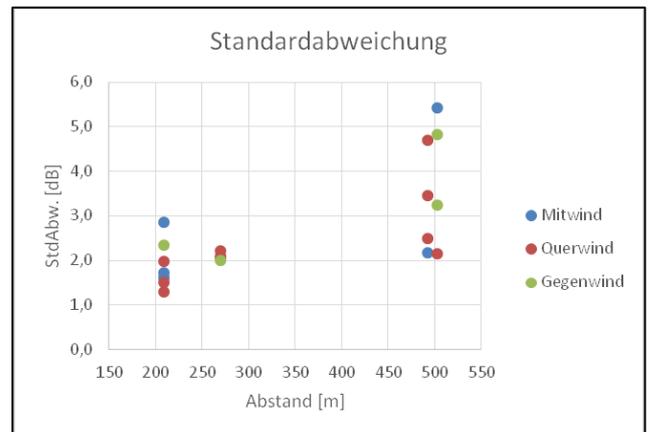


Abbildung 6: Standardabweichung der Windsituationen über dem Abstand

Die Abstandsabhängigkeit der Pegelstreuung ist in Abb. 6 deutlich sichtbar: bei ca. 200 m Abstand liegen die Standardabweichungen der Pegel um 2 dB, während diese bei 500 m stark schwanken zwischen 2 und 5 dB. Hierbei ist zu beachten, dass teilweise die entsprechenden Emissionssituationen (Windausbreitungsklasse/Waffe) nur an zwei Tagen auftraten.

Eine Abhängigkeit der Pegelstreuung von der Ausbreitungsklasse selbst ist jedoch nicht erkennbar. Auffällig ist, dass die beiden im Immissionsabstand von 500 m unter Mitwindbedingungen ermittelten Standardabweichungen eine relativ große Differenz aufweisen. Dieses ist der Wert für die P8 in O500 und die P8 in S500. Die diesen Werten zugrundeliegenden Häufigkeitsverteilungen zeigten, dass in S500 eine Normalverteilung der Immissionspegel vorlag, während in O500 keine normalverteilte Häufigkeit der Pegel vorlag.

Ursache dafür sind die unterschiedlichen Wetterbedingungen, bei denen diese Kombinationen auftraten: In S500 waren hauptsächlich Schüsse vom 26.9.2015 und vom 30.9.2015 an der Statistik beteiligt; in O500 vom 26.9.2015 und vom 9.11.2015.

Am 26.9.2015 war im Messzeitraum für die unter Mitwindbedingungen befindlichen Immissionswerte nur ein schwacher Wind um 0,5 m/s aus Nordwest vorhanden, am 30.9.2015 ein Nordost-Wind mit 3 m/s und am 9.11.2015 ein starker Westwind mit Windwerten um 10 m/s. Sehr deutlich ist der Einfluss der Windgeschwindigkeit in Abb. 7 zu erkennen, bei der die Häufigkeitsverteilung nach Messtagen unterschieden dargestellt ist. Somit lässt sich der Unterschied der Pegelstatistiken allein aus den Winddaten erklären.

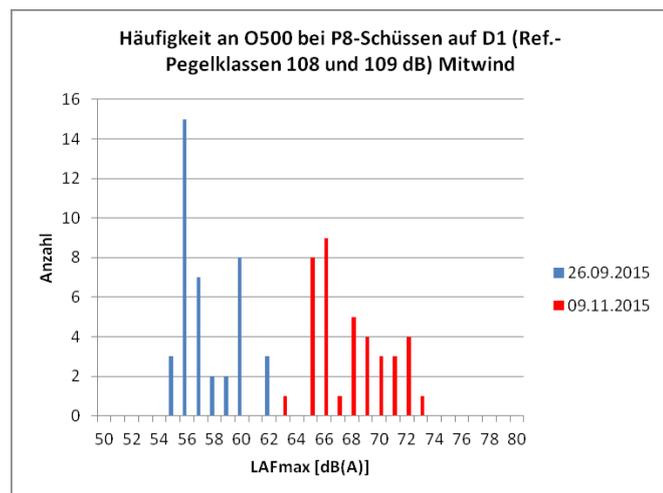


Abbildung 7: Häufigkeitsverteilung der Immissionspegel an O500 für die P8-Schüsse auf dem Stand D1 (Referenz-Pegelklassen 108 und 109 dB) mit Unterscheidung des Messtages

Die in Abb. 7 dargestellten Immissionswerte für die beiden Messtage können jeweils als eine Stichprobe unter gültigen Mitwindbedingungen nach VDI 3745 Bl.1 [1] gelten. Beide Tage weisen jedoch einen um 10,3 dB unterschiedlichen energetischen Mittelwert auf, was zu entsprechend

unterschiedlichen Beurteilungspegeln führen würde. Aus gutachterlicher Sicht wäre es jedoch wünschenswert, wenn bei ähnlichen Emissionssituationen bei gleichen Ausbreitungsklassen nach VDI 3745 Bl.1 ähnliche Immissionswerte gemessen würden. Eine Unsicherheit des Beurteilungspegels um einen so hohen Wert führt jedoch dazu, dass keine objektive Beurteilung möglich ist.

Dieses zeigt, wie wichtig es ist, eine Genehmigungsmessung über mehrere unabhängige Messperioden gemittelt durchzuführen. Ein anderer Ansatz zur Minimierung der Pegelstreuung wäre, die Wetterbedingungen, unter denen eine solche Beurteilungsmessung stattfinden darf, weiter einzuschränken, als es die VDI 3745 Bl. 1 zurzeit definiert.

Zusammenfassung

Aus den über zwei Monate gemessenen Schießimmissionen wurden zunächst für jeden der beiden Pistolenstände (D-Stände) die Ereignisse anhand der Referenzmikrofone soweit gefiltert, dass auf jedem Stand eine maximale Schussanzahl bei möglichst gleicher Quellposition und gleicher Waffe für die statistische Untersuchung einer definierten Quellposition vorlagen. Daraus ergaben sich drei Waffen-/Quellpositionskombinationen mit insgesamt über 570 Einzelschüssen.

Für diese wurden die Pegel in den rund um die Anlage in Entfernungen von ca. 200 m und 500 m in verschiedenen Richtungen liegenden Messstellen statistisch untersucht.

Die beobachtete Standardabweichung der Immissionspegel betrug dabei in 200 m Entfernung zwischen 1 und 3 dB, in 500 m Entfernung zwischen 2 und 5,5 dB. Die Standardabweichung war dabei relativ unabhängig von der Ausbreitungsklasse (Mit-, Quer-, Gegenwind).

Die Auswertungen zeigen, dass die Mitwindpegel maßgeblich von der Windgeschwindigkeit abhängen. Hier wurden Unterschiede in 500 m von 10,3 dB für den energetischen Mittelwert gefunden, die damit zu einer sehr hohen Unsicherheit in den Beurteilungspegeln bei Beurteilungsmessungen nach VDI 3745 Bl.1 führen können.

Literatur

- [1] VDI 3745:1993-05 Beurteilung von Schießgeräuschimmissionen
- [2] Philipp Tekampe, Karl-Wilhelm Hirsch und Berthold Vogelsang; „Zum Langzeitmittelungspegel bei Schießgeräuschen“ DAGA 2017 – 43. Deutsche Jahrestagung für Akustik 06. bis 09. März 2017 in Kiel

Diese Untersuchungen wurden durch das Bundesministerium der Verteidigung und das Bundesamt für Infrastruktur, Umweltschutz und Dienstleistungen der Bundeswehr gefördert.