

Impulszuschlag der VDI 3745 bei militärischem Schießlärm

Mattias Trimpop

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

Einleitung

Militärischer Schießlärm von kleinkalibrigen Waffen wird wie ziviler Schießlärm entsprechend den Regelungen der TA-Lärm nach der VDI-Richtlinie 3745 beurteilt. Dabei sieht die VDI 3745 im Beurteilungsverfahren einen schießlärmspezifischen Impulszuschlag von 16 dB vor.

Der Impulszuschlag wird für andere Geräuscharten als den hier betrachteten Schießlärm mit Hilfe des Taktmaximalverfahrens ermittelt. Für kurze Impulse und bei Abständen dieser Ereignisse über 5 Sekunden ergibt das Taktmaximalverfahren den in der VDI 3745 festgelegten 16 dB Impulszuschlag. Insofern ist die Festlegung auf 16 dB für viele einfache Schussituationen als Vereinfachung des Beurteilungsverfahrens sinnvoll und weist nur geringe Abweichungen zu den nach dem Taktmaximalverfahren ermittelten Impulszuschlägen (die zudem auf der sicheren Seite liegen) auf. Bei militärischen Schießübungen auf Standortschießanlagen (StOSchAnl) werden bei einigen Vorhaben Salven mit bis zu 50 Schuss mit hoher Kadenz abgegeben. Wird hier das dem Impulszuschlag zugrundeliegende Taktmaximalverfahren herangezogen, ergeben sich deutlich geringere Impulszuschläge. Dieses wird anhand synthetischer und realer Signale im Detail untersucht.

Berechnung des Impulszuschlags nach dem Taktmaximalverfahren

Der Impulszuschlag nach dem Taktmaximalverfahren ist gemäß TA-Lärm Kap. 2.9 bzw. A.3.3.6 als Differenz zwischen dem Taktmaximalmittelungspegel L_{AFTeq} und dem äquivalenten Dauerschallpegel L_{Aeq} bei einer Taktzeit von 5 Sekunden definiert.

Wird der Taktmaximalmittelungspegel nur über einen Takt ermittelt, so entspricht er gerade dem Fast-bewerteten Maximalpegel:

$$L_{AFTeq,5s} = L_{AFmax} \quad [dB] \quad (1)$$

Unter der Voraussetzung, dass die Schallenergie eines Schussereignisses in einer sehr kurzen Zeit enthalten ist, kann mit der Zeitkonstante des Fast-Filters von 125 ms und der Taktzeit (5s) des Taktmaximalverfahren von einem L_{AFmax} auf die Schallenergie des Schussereignisses L_{ASEL} umgerechnet werden:

$$L_{ASEL} = L_{AFmax} - 10 * \log_{10}(0.125 \text{ s}) \quad [dB] \quad (2)$$

$$= L_{AFmax} - 9 \text{ dB}$$

Um aus der Schallenergie des Schussereignisses den äquivalenten Dauerschallpegel über 5 Sekunden zu erhalten, gilt:

$$L_{Aeq,5s} = L_{ASEL} - 10 * \log_{10}(5s/1s) \quad [dB] \quad (3)$$

$$= L_{ASEL} - 7 \text{ dB}$$

Damit gilt:

$$L_{Aeq,5s} = L_{AFmax} - 9 \text{ dB} - 7 \text{ dB} \quad [dB] \quad (4)$$

$$= L_{AFTeq,5s} - 16 \text{ dB}$$

bzw.

$$L_{AFTeq,5s} - L_{Aeq,5s} = +16 \text{ dB} \quad [dB] \quad (5)$$

Bei Schießlärm von zivilen Schießplätzen geben die dort verwendeten Waffen i.d.R. nur Einzelschüsse ab. Meist dominiert an vielen Immissionsorten ein einzelner Schallanteil den Gesamtpegel. Die zu beurteilenden Schüsse weisen außerdem in der Regel einen zeitlichen Mindestabstand von 5 Sekunden auf. Die einzelnen Schallanteile sind wie in Abbildung 1 in der Regel kürzer als 20 ms.

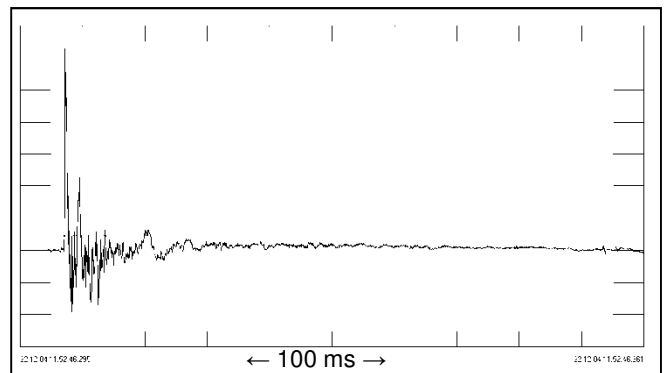


Abbildung 1: Beispiel eines Schalldruckverlaufs eines einzelnen Schussereignisses mit Bodenreflexion, aber ohne weitere deutliche Reflexionsanteile.

Damit trifft nach dem Taktmaximalverfahren ein Impulszuschlag von 16 dB als maximale Abschätzung für diese Situationen zu.

Synthetische Beispielsignale

Um den Einfluss der Signallänge auf den Impulszuschlag gezielt zu untersuchen, wurden unterschiedlich lange Sinussignale mit einer Frequenz von 1 kHz generiert und die zum Impulszuschlag nötigen Einzahlwerte berechnet. Die Schallenergie der Signale ist durch Anpassung von Amplitude und Signaldauer immer gleich. Die Ergebnisse zeigt die folgende Tabelle 1.

Tabelle 1: Impulszuschläge von Sinustönen unterschiedlicher Dauer

Länge des Sinus-signals	$L_{Aeq,5s}$ [dB]	$L_{AFTeq,5s}$ [dB]	Impuls-zuschlag [dB]
1 ms	53,2	69,2	16,0
10 ms	53,9	69,7	15,8
100 ms	54,0	68,4	14,4
1 s	54,0	61,0	7,0
5 s	54,0	54,0	0,0

Des Weiteren wurden Signale generiert, bei denen zwei gleiche Signalanteile mit 1 kHz und 10 ms Länge in variablem zeitlichen Abstand untersucht wurden. Die sich dafür ergebenden Impulszuschläge zeigt die folgende Tabelle 2.

Tabelle 2: Impulszuschläge von Signalen mit unterschiedlicher Pausendauer

Variante	Impulszuschlag
10 ms	15,5 dB
100 ms	14,5 dB
1 s	12,8 dB

Tabelle 2 zeigt, dass der Impulszuschlag sich mit der Vergrößerung der Pause zwischen beiden Impulsen verringert.

Beispiele realer Signale

Aufgrund der großen Reflexionsflächen am Geschossfang und an den Hochblenden können der Direkt- und der Reflexionsschall an Immissionsorten in der Nähe von StOSchAnl etwa gleichhoch sein. Dies kann dazu führen, dass bei einem Einzelschuss an bestimmten Immissionsorten eine Pulsfolge mit relevanten Signalanteilen statt eines einfachen Impulses auftritt, allerdings ist dieses Phänomen lokal begrenzt und stark wetterabhängig

Der Fall von kurz hintereinander folgenden Schüssen ist jedoch bei militärischem Schießlärm oft in Form von Feuerstößen der Fall. Bereits bei Übungen mit Einzelschüssen können mehrere Einzelschüsse innerhalb eines 5 s-Taktes liegen, bei Feuerstößen mit Maschinengewehren oder Maschinenpistolen liegen oft viele Schüsse innerhalb eines 5 s-Taktes. Die Abbildungen 2 und 3 zeigen solche Beispiele.

Die berechneten Impulszuschläge zu der Salve und dem Feuerstoß zeigen, dass sich für solche militärischen Schießgeräusche die Impulszuschläge sehr von dem festgelegten Impulszuschlag von 16 dB unterscheiden.

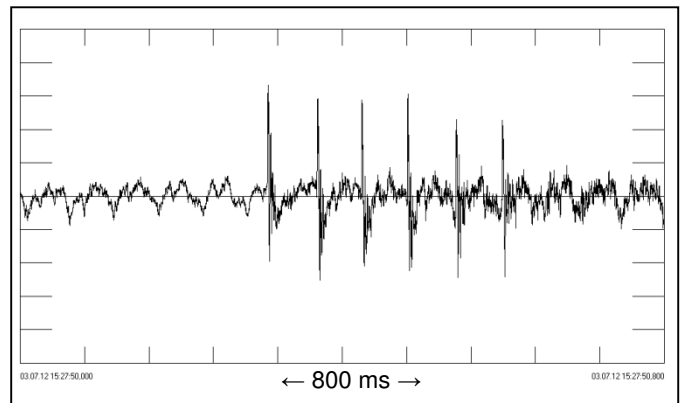


Abbildung 2: Schalldruckverlauf eines Feuerstoßes; Berechneter Impulszuschlag: 11,2 dB

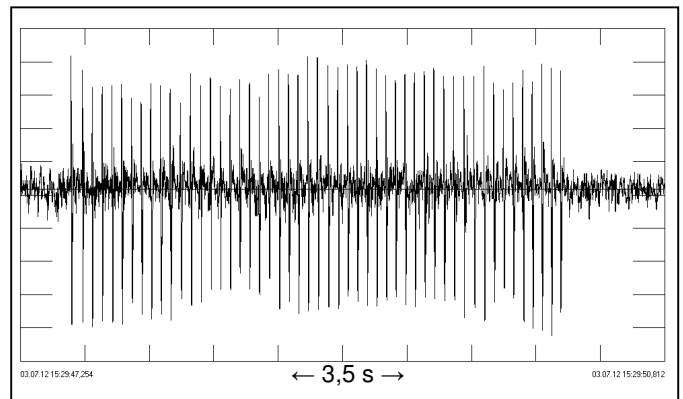


Abbildung 3: Schalldruckverlauf einer Salve; Berechneter Impulszuschlag: 3,7 dB

Nach der Untersuchung einzelner realer Signale wurden für mehrere Messkampagnen die Impulszuschläge nach dem Taktmaximalverfahren aller auswertbaren Schussereignisse berechnet und über dem Abstand zur jeweiligen Quellposition aufgetragen.

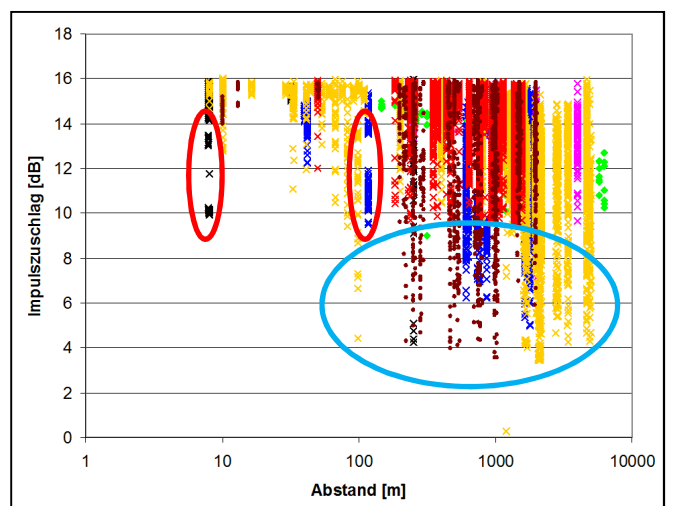


Abbildung 4: Impulszuschläge nach dem Taktmaximalverfahren aller ausgewerteten Schussereignisse mehrerer Schießlärmesskampagnen über dem Abstand (rote Markierung: Situationen mit zeitlich versetzten Signalanteilen, blaue Markierung: Situationen mit relativ hohem Fremdgeräuschanteil)

Abbildung 4 zeigt, dass der maximale Impulszuschlag von 16 dB für nahezu alle Entfernungen, in denen gemessen wurde, erreicht wird. Eine generelle Abhängigkeit des Impulszuschlages von der Entfernung ist nicht erkennbar.

Des Weiteren zeigt Abbildung 4, dass es mehrere Schuss-situationen gibt, bei denen es unabhängig von der Entfernung zu ähnlichen, deutlich von den anderen Situationen abgesetzten Impulszuschlägen kommt (rote Markierung). Diese wurden im Detail untersucht und es ergab sich, dass diese Situationen waren, bei denen aufgrund von Salven oder Feuerstößen zwei oder mehrere fast gleichgroße aber zeitlich versetzte Pegelanteile auftraten. Bei einigen dieser Situationen wurden jedoch Einzelschüsse vermessen. Hier wurde festgestellt, dass durch die jeweilige geometrische Anordnung von Schießstandelementen, Schussposition und Immissionsort ebenfalls zwei oder mehrere fast gleichgroße, aber zeitlich versetzte Pegelanteile auftraten. (Dieser Effekt bei Einzelschüssen wird auch in /3/ untersucht.)

Bei den Schuss-situationen im blau markierten Bereich in Abbildung 4 mit den deutlich geringeren Impulszuschlägen konnte dieses auf einen relativ zur Schallenergie des Schusses hohen Fremdgeräuschanteil zurückgeführt werden. Die in der Abbildung 4 vorhandene untere Grenze für den Impulszuschlag von etwa 4 dB beruht allein auf der Tatsache, dass bei höheren Fremdgeräuschen keine Schuss-signale mehr ausgewertet werden konnten. Für die nicht ausgewerteten Schussereignisse liegen die Impulszuschläge zwischen 0 dB und 4 dB.

Modellbildung

Um dem Gedanken der Vereinfachung des Beurteilungsverfahrens der VDI 3745 bezüglich des Impulszuschlages gerecht zu werden, wurde aus dem Taktmaximalverfahren eine einfache Berechnungsmethode zur Abschätzung des Impulszuschlages für Salven und Feuerstöße entwickelt.

$$Z_i = 10 * \lg \frac{\sum_{i=0}^{n-1} (e^{-i*dT/\tau})}{n} + 16dB \quad [dB] \quad (6)$$

mit n = Anzahl Schüsse
 dT = zeitlicher Abstand der Schüsse
 τ = Zeitkonstante Fastfilter (0,125 s)

Die Impulszuschläge für die oben untersuchten synthetischen Beispielsignale wurden alternativ mit dieser Berechnungsmethode ermittelt und in Tabelle 3 zusammengestellt.

Tabelle 3: Vergleich der mit Hilfe des Taktmaximalverfahrens berechneten und der nach dem vereinfachten Verfahren ermittelten Impulszuschläge von zeitlich versetzten Sinussignalen

Variante	Impulszuschlag (Messung)	Impulszuschlag (Modellrechnung)
10 ms	15,5 dB	15,8 dB
100 ms	14,5 dB	14,6 dB
1 s	12,8 dB	13,0 dB

Die Ergebnisse zeigen, dass dieses einfache Modell zu einer sachgerechten Abschätzung des Impulszuschlages im Sinne der TA-Lärm führt. Sollten höhere Anforderungen an die Unsicherheit gestellt werden, so ist die in der TA-Lärm beschriebene Berechnung des Impulszuschlages anzuwenden.

Zusammenfassung

Für zivilen Schießlärm bzw. Einzelschüsse ist der in der VDI 3745 Blatt 1 definierte Impulszuschlag von 16 dB für viele Situationen sachgerecht.

Militärischer Schießlärm weist aufgrund seiner typischen Merkmale insbesondere bei Übungen mit Feuerstößen und Salven deutlich geringere Impulszuschläge bei Berechnung nach dem Taktmaximalpegelverfahren auf. Die Geometrie der Schießanlagen der Bundeswehr führt in einigen Ausbreitungsrichtungen bei einigen Kombinationen von Waffentyp und Waffentyp aufgrund von Reflexionen und/oder Beugungen zu reduzierten Impulszuschlägen auch bei Einzelschüssen. Es wird daher vorgeschlagen, den hier gemäß des Taktmaximalverfahrens bestimmten Impulszuschlag bei der Beurteilung von militärischem Schießlärm anzuwenden.

Mithilfe einer einfachen Berechnungsmethode kann der in der VDI 3745 Blatt 1 eingeführte Impulszuschlag von 16 dB für Feuerstöße und Salven mit geringer Unsicherheit sachgerechter im Sinne der TA-Lärm berechnet bzw. prognostiziert werden.

Literatur

- [1] Sechste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm - TA Lärm); 1998-08
- [2] VDI 3745 Blatt 1 Beurteilung von Schießgeräuschimmissionen; Ausgabedatum: 1993-05
- [3] F. Hammelmann, K.-W. Hirsch: Bestimmung des Beurteilungspegels der VDI 3745 Blatt 1 durch Prognose; DAGA 2015 Nürnberg

Diese Untersuchungen wurden vom Bundesministerium der Verteidigung gefördert.