

Bestimmung des Beurteilungspegels der VDI 3745 Blatt 1 durch Prognose

Karl-Wilhelm Hirsch, Frank Hammelmann

Cervus Consult, Willich, consult@cervus.de

Einleitung

Die VDI 3745 Blatt 1 legt das Verfahren zur Bestimmung des Beurteilungspegels von Schießgeräuschen durch Messung des bewerteten Schalldruckpegels $L_{p,AFmax}$ einer Emissionssituation fest. Die TA Lärm schreibt in ihrem Anhang, Abschnitt A.1.6, vor, dass dieser Beurteilungspegel, modifiziert durch das C_{mer} aus der DIN ISO 9613-2, mit ihrem Richtwertsystem zu vergleichen ist, um die Erheblichkeit der Lärmbelastung durch den Schießbetrieb eines Schießplatzes zu ermitteln. In [1] wird dargelegt, dass neben diesem auf Messungen in situ beruhenden Bestimmungsverfahren auch ein Verfahren benötigt wird, um in der Planungsphase von schalltechnisch wirksamen baulichen Maßnahmen, Neuplanungen oder wesentlichen Änderungen der Betriebssituation einer Anlage, z. B. im Rahmen von Genehmigungsverfahren, den $L_{p,AFmax}$ nicht durch Messungen, sondern durch Prognose zu ermitteln. Dies gelingt nicht durch die direkte Anwendung der Regeln der DIN ISO 9613-2, denn diese Regeln schreiben die energetische Addition der Beiträge aller Schallwege, unbeachtlich der Laufzeit zwischen Quelle und Empfangsort, vor: Diese Vorschrift widerspricht deshalb der Definition des $L_{p,AFmax}$, die das Auffinden des Maximalwertes eines Pegelzeitverlaufes vorgibt.

Im Folgenden wird zunächst begründet, warum das Bestimmungsverfahren des Beurteilungspegels nach VDI 3745 Blatt 1 nur dann konsistent zum Beurteilungsverfahren der TA Lärm passt, wenn es auf dem $L_{p,AFmax}$ beruht und nicht etwa auf dem $L_{E,A}$. Danach wird eine Lösung dieses Problems vorgestellt, die die Ausbreitungsrechnung nach DIN ISO 9613-2 vollständig übernimmt, diese aber auf eine Ersatzquelle anwendet, die neben einem vollständigen Satz von Schallwegen innerhalb der Anlage auch das zeitliche Eintreffen der Beiträge berücksichtigt. Dieses Verfahren ist im „Schallimmissionschutz an Schießständen „Leitfaden zur Genehmigung von Standort-schießanlagen (LeitGeStand)“ des Ausschusses Physikalische Einwirkungen (PhysE) der Bund/Länder Arbeitsgemeinschaft für Immissionschutz (LAI) [3] bei der Prognose des Beurteilungspegels von Schießgeräuschen implementiert.

Das Verfahren der VDI 3745 Blatt 1

Zur Ermittlung des Beurteilungspegels ist für jede Emissionssituation in ihrem maßgeblichen Immissionsort der $L_{p,AFmax}$ unter „Mitwindbedingungen“ zu messen. Eine Emissionssituation ist durch das Schießen mit einer bestimmten Waffe, einer bestimmten Munition in einem bestimmten Anschlag, an einem bestimmten Ort auf der Anlage festgelegt. Die Mitwindbedingungen der VDI 3745 Blatt 1 sind anders definiert als die der DIN ISO 9613-2; dieser Aspekt wird im LeitGeStand berücksichtigt, hier aber nicht diskutiert. Auch die Berücksichtigung von Schusszahlen und ihre Schichtung nach Kennzeichnungszeiten und Betriebssituationen werden hier ebenfalls nicht betrachtet. Sie spielen für die Diskussion hier keine Rolle. Es wird deshalb jeweils nur das einmalige Auftreten einer Emissionssituation als Einzelereignis betrachtet, für die der $L_{p,AFmax}$ zu bestimmen ist (dies ist in der Regel 1 Schuss, in Sonderfällen aber auch eine Kadenz von Schüssen).

In der VDI 3745 Blatt 1 wird eine besondere Begriffsbildung für Pegel, Pegelumrechnungen und Zuschläge verwendet, die nicht direkt die Art des Pegels erkennen lässt. Vergleiche z. B. Gleichungen 3, 4 und 7, in denen ein L_m (entspricht dem $L_{p,AFmax}$) in ein L_r (entspricht $L_{E,A}$) umgerechnet wird, in dem der L_m entlogarithmiert wird und mit der Fast-Zeitkonstanten multipliziert wird, um wieder zum L_r logarithmiert zu werden. Hier wird diese Vorgehensweise im Pegelraum dargestellt wie im LeitGeStand [3].

Dann ergibt sich der Beurteilungspegel L_r des Einzelereignisses in zwei Schritten

1. Aus dem gemessenen $L_{p,AFmax}$ wird ein $L_{E,A}$ gebildet:
$$L_{E,A} = L_{p,AFmax} - 9 \text{ dB (Umrechnung von 125 ms auf 1 s)}$$
2. Danach wird der L_r berechnet:
$$L_r = L_{E,A} + 16 \text{ dB (Impulszuschlag)}$$

Es ist völlig klar, dass der so bestimmte $L_{E,A}$ eine fiktive Rechengröße ist und nicht etwa gemessen werden kann. Im 1. Schritt wird lediglich durch Umrechnung ein Fast-bewerteter Pegel auf eine Bezugszeit von 1 s umgerechnet. Beiträge von Schallwegen, die nicht zum $L_{p,AFmax}$ beitragen, die also z. B. später eintreffen, haben keinen Einfluss auf den $L_{E,A}$ der Richtlinie. Im 2. Schritt wird ein Impulszuschlag verwendet, der nicht mit den Impulszuschlägen für Schießgeräusche z. B. aus der ISO 1996-Serie zu vergleichen ist. Beide Schritte sind eigentlich Hilfskonstruktionen für die Bildung des 5-Sekunden-Taktmaximalpegels, der äquivalent hinter dem Bestimmungsverfahren steht (vgl. Anmerkung Seite 6 unten der VDI 3745 Blatt 1).

Der ‚wahre‘, also der durch Messung bestimmte $L_{E,A}$ ist denkwürdiger höher als der ‚fiktive‘ $L_{E,A}$, weil er alle Signalbeiträge integriert. Bei den komplexen militärischen Schießanlagen liegt der Unterschied zwischen fiktiven und wahren $L_{E,A}$ typisch im Bereich 2 bis 5 dB, je nach Anlagentyp und Lage des Immissionsortes. Seine Verwendung im 2. Schritt führt also zu einer entsprechenden Überschätzung. Der wahre $L_{E,A}$ ist aber die Zielgröße der Prognose der DIN ISO 9613-2! Die Bestimmung des Beurteilungspegels L_r einer Emissionssituation für die TA Lärm auf der Basis des wahren $L_{E,A}$, sei es durch Messung oder durch Prognose, ist deshalb nicht richtlinienkonform. Beurteilungen auf dieser Grundlage sind deshalb unzulässig, weil sie nicht die VDI 3745 erfüllen und deshalb nicht TA Lärmkonform sind!

Natürlich kann man ein Beurteilungsverfahren für Schießlärm auf den wahren $L_{E,A}$ abstellen. In vielen Ländern ist das so geregelt. Auch bei diesen Verfahren wird ein Impulszuschlag hinzugefügt. Dieser Impulszuschlag ist in der ISO 1996 festgelegt und beträgt 12 dB.

- Zu den Verfahren mit ‚wahrem‘, sprich messbarem $L_{E,A}$ bzw. zu einer Prognose mit der dazu passenden DIN ISO 9613 gehört ein Impulszuschlag von 12 dB (ISO 1996).
- Zu dem Verfahren mit einem aus dem $L_{p,AFmax}$ gebildeten $L_{E,A}$ gehört ein Impulszuschlag von 16 dB (VDI 3745).

Beträgt der Unterschied zwischen wahren und fiktivem $L_{E,A}$ 4 dB, führen beide Ansätze zur gleichen Beurteilung. Die VDI 3745 Blatt 1 beurteilt also nicht strenger als andere Verfahren, sondern anders.

Prognose des $L_{p,AFmax}$ für Schießgeräusche

Die DIN EN ISO 17201-3 legt die DIN ISO 9613 als Schallausbreitungsmodell fest, ersetzt aber das 2D-Verfahren in der ISO 9613 zur Bestimmung der signifikanten Schalllaufwege zwischen Quelle und Empfänger (Spiegelschallquellenverfahren) durch ein „sophisticated model“. Dieses „sophisticated model“ berechnet unter Berücksichtigung der 3D-Schalllaufwege und einer sachgerechten Beschreibung von Reflexion und Beugung Ersatzquellen, die dann in die Ausbreitungsrechnung der DIN ISO 9613 eingehen. Eine solche Ersatzquelle besteht aus Teilersatzquellen, die quasi die Schalllaufwege repräsentieren.

Eine Teilersatzquelle einer solchen Ersatzquelle nach DIN EN ISO 17201-3 repräsentiert jeweils einen Schallweg. Tabelle 1 fasst die Kenngrößen einer Teilersatzquelle zusammen.

Nr	Kenngroße	Symbol
1	Frequenzband	f
2	Quellenergiepegel	L_{qf}
3	Vertikalwinkel	ε_s
4	Horizontalwinkel	η_s
5	Vertikaler Öffnungswinkel	ε_{SA}
6	Horizontaler Öffnungswinkel	η_{SA}
7	Zeitverzögerung	t_s
8	Ablage des Quellortes in x-Richtung	x_s
9	Ablage des Quellortes in y-Richtung	y_s
10	Ablage des Quellortes in z-Richtung	z_s

Tabelle 1 Kenngroßen einer Teilersatzquelle nach [3]

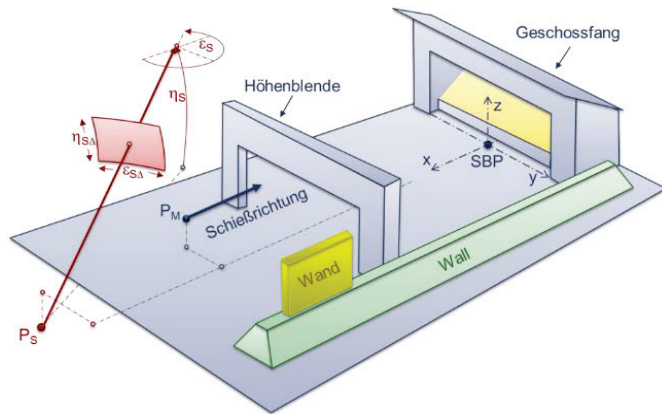


Abbildung 1 Zur Bedeutung der geometrischen Kenngroßen nach [3]

Im Regelfall besteht eine Ersatzquelle für eine Emissionssituation aus einer Vielzahl von Teilersatzquellen. Aus den M Teilersatzquellen der für alle Richtungen geltenden Ersatzquelle bleiben die N übrig, die die geometrischen Bedingungen für Richtung und Raumwinkel für den zu betrachtenden Immissionsort P_I erfüllen, vgl. [2]. Für die Teilersatzquellen n der N Teilersatzquellen wird nach DIN ISO 9613 der Dauerschallpegel $L_{AT,n}(DW)$ ermittelt. Statt diesen Dauerschallpegel energetisch nach DIN ISO 9613-2 zu addieren, wird eine Quasi-Filterung durchgeführt, um den $L_{p,AFmax}$ zu ermitteln.

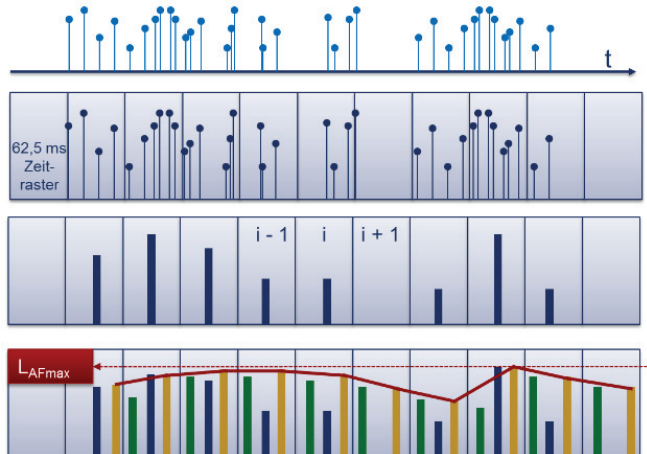


Abbildung 2 Bestimmung des $L_{p,AFmax}$ aus Zeitfolgen der $L_{AT,n}(DW)$ von Teilersatzquellen

Für die Umrechnung des $L_{AT,n}(DW)$ in einen F-bewerten Schall-druckpegel $L_{AF,n}$ wird die theoretisch höchste Korrektur von 9 dB angesetzt, s. Gl. 1.

$$L_{AF,n} = L_{AT,n}(DW) + 9 \text{ dB} \quad \text{Gl. 1}$$

Der L_{AFmax} in einem Aufpunkt für ein Einzelereignis ist der Maximalwert eines $L_{AF}(t)$ über die Ereignisdauer im Aufpunkt. Die Ereignisdauer wird so festgelegt, dass sie Eintreffzeiten der Beiträge aller Teilersatzquellen sachgerecht umfasst. Die Eintreffzeit $t_{I,n}$, zu der der Beitrag der Teilersatzquelle n im Aufpunkt P_I eintrifft, ist

$$t_{I,n} = \frac{d_n}{c_0} + t_n \quad \text{mit } c_0 = 340 \text{ ms}^{-1} \quad \text{Gl. 2}$$

Die Liste der Teilersatzquellen ist so für einen Aufpunkt zu sortieren, dass gilt

$$t_{I,n+1} \geq t_{I,n} \quad \text{Gl. 3}$$

Danach wird die auf das Eintreffen des ersten Beitrages bezogene Eintreffzeit $\tau_{I,n}$ nach Gl. 4 bestimmt.

$$\tau_{I,n} = t_{I,n} - t_{I,0} \quad \text{Gl. 4}$$

Es werden Zeitklassen mit einer Breite von 62,5 ms eingeführt, die bei 0 s beginnt und die Ereignisdauer im Aufpunkt P_I überstreicht. Die Klassen von $v = 0$ bis V werden so nummeriert, dass gilt

$$t_{v+1} = t_v + 62,5 \text{ ms} \quad \text{mit } t_0 = 0 \text{ s} \quad \text{Gl. 5}$$

In der obersten Spur der Abbildung 2 ist die Folge der $L_{AT,n}(DW)$, in der Spur darunter die so klassierten L_{AF} dargestellt.

Die Beiträge aller Teilersatzquellen i aus n , für die gilt

$$t_v \leq \tau_i < t_{v+1} \quad \text{Gl. 6}$$

werden energetisch aufsummiert und als Klassenpegel $L_{AF,v}$ bezeichnet. Die Summenbildung wird in der dritten Spur von Abbildung 2 angedeutet.

$$L_{AF,v} = 10 \lg \left[\sum_i 10^{0,1L_{AF,v}} \right] \text{ dB} \quad L_{AF,0} = -\infty \text{ dB} \quad \text{Gl. 7}$$

Aus den Klassenpegeln wird folgende Pegelzeitklassenreihe gebildet

$$L'_{AF,v+1} = 10 \lg \left(10^{0,1L'_{AF,v}} + 10^{0,1L_{AF,v}} \right) \text{ dB} - 2,1 \text{ dB} \quad \text{Gl. 8}$$

Die Verminderung um $-2,1$ dB folgt aus dem Abfall des Pegels bei der Zeitbewertung Fast nach IEC 61672 bei einer Klassenbreite von 62,5 ms. Dieses Verfahren ist in der untersten Spur der Abbildung 2 angedeutet. Es gilt für die Balken jeweils

$$\text{Gelb}(i) = \text{Grün}(i) + \text{Blau}(i); \quad \text{Grün}(i) = \text{Gelb}(i) - 2,1 \text{ dB}.$$

Daraus ergibt sich eine zeitklassierte Pegelzeitreihe, deren maximaler Wert der Kenngroße L_{AFmax} des Einzelereignisses der VDI 3745 Blatt 1 zugeordnet wird.

$$L_{AFmax} = \text{Max}(L'_{AF,v}) \quad \text{Gl. 9}$$

Die Rasterweite ist mit 62,5 ms bei den gegebenen Signalen ausreichend, um eine Quasi-Filterung mit einer Unsicherheit von weniger als 1 dB durchzuführen.

Literaturhinweise

- [1] Hirsch, K.-W.: „Zur Vorausberechnung von Schießgeräuschen mit der Norm DIN ISO 9613“, Zeitschrift für Lärmbekämpfung, 2013, Nr. 3, Mai. [2]
- [2] Hirsch, K.-W., Hammelmann, F.: Reflexionen in der DIN ISO 9613-2 - Wann ist ein Objekt „senkrecht“?, Fortschritte der Akustik, DAGA 2014, Oldenburg
- [3] „Schallimmissionsschutz an Schießständen - Leitfaden zur Genehmigung von Standortschießanlagen - LeitGeStand“, Beschluss des Ausschusses Physikalische Einwirkungen (PhysE) der Bund/Länder Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI) vom 29.01.2015

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