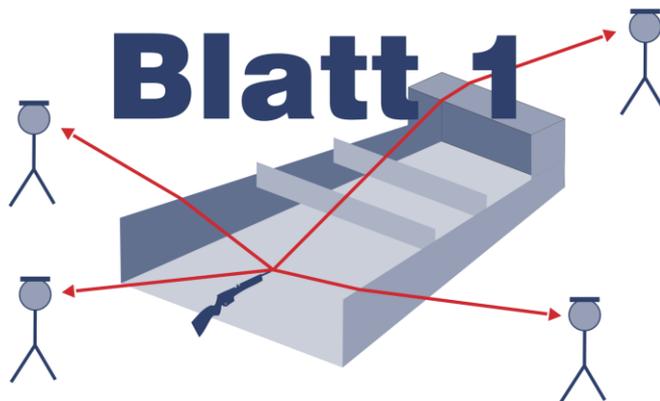


VDI 3745 Blatt 1

Ein in die Jahre gekommenes Regelwerk

VDI 3745 Blatt 1



Kennung: kwhdba.23.01

Datum: 28.06.2022

Status: Entwurf

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	3
1.1	Einführung	3
1.2	Die VDI 3745 in der Planungsphase.....	3
1.3	Reduzierung der Emissionssituationen	4
1.4	Grauzonen	4
1.5	Stand der Technik	4
1.6	Ziel des Aufsatzes	5
2	Unvollständige Messungen.....	6
2.1	Auf den ersten Blick	6
2.2	Der zweite Blick	6
2.2.1	Ein einziger maßgeblicher Immissionsort.....	6
2.2.2	Anzahl der Emissionsorte.....	6
2.2.3	Anzahl der Waffen mit Munition	7
2.2.4	Mitwind von der Quelle zum Empfänger.....	8
2.2.5	Niedrige Pegel	9
2.3	Zwischenfazit	10
3	Vereinbarungen	11
3.1	Auswahl der Messorte.....	11
3.2	Auswahl der Emissionsorte.....	11
3.3	Auswahl der Waffen und Munition	12
3.4	Auswahl der Emissionssituationen	14
3.5	Schallausbreitungssituation.....	15
3.5.1	Messung bei günstiger Schallausbreitungssituation.....	15
3.5.2	Messungen außerhalb des Mitwindbereichs der VDI 3745 Blatt 1	16
3.6	Herausforderung niedriger Pegel	18
3.6.1	Unvollständige Messserien	18
3.6.2	Auswertung unvollständiger Messreihen	19
4	Verweise	24
5	Über „Bella Acustica – De Bello Acustico“	26

1 Einleitung

1.1 Einführung

Die Richtlinie VDI 3745 [3] ist das zentrale Regelwerk in der Lärmakustik für die Ermittlung von Beurteilungspegeln bei Schießlärm nach dem BImSchG [1] bzw. TA Lärm [2]. Ihr Blatt 1 beschäftigt sich mit der Messung von Schießgeräuschen, die von Schießanlagen ausgehen, und ist eigentlicher Gegenstand dieses Aufsatzes. Das Blatt 2 wird zurzeit in einer Arbeitsgruppe des NALS formuliert. Es wird sich mit der Prognose von Beurteilungspegeln beschäftigen.

Die VDI 3745 Blatt 1 wird in TA Lärm herangezogen und ist dort das vorgeschriebene Regelwerk für alle genehmigungspflichtigen Anlagen, auf denen mit Handwaffen mit Kaliber kleiner 20 mm geschossen wird. Ihre Regeln gelten sowohl für zivile Anlagen, für sportliches, jagdliches, polizeiliches Schießen, als auch für militärische Anlagen. Die VDI 3745 Blatt 1 ist also beim Schießlärm von Standortschießanlagen, Standortübungsplätze und Truppenübungsplätze anzuwenden, solange es um das Schießen mit Rohrwaffen mit einem Kaliber < 20 mm und nach allgemeinem Verständnis bei Sprengungen mit weniger als 50 g TNT-Äquivalenz. Das Schießen mit Rohrwaffen und bei großen Sprengstoffmengen gilt die Lärmmanagementrichtlinie der Bundeswehr. Dazu mehr in im Aufsatz „Schießlärm“ [4].

1.2 Die VDI 3745 in der Planungsphase

Eine Messung der Immissionspegel ist nur bei existierenden Anlagen möglich. Bei der Planung von neuen Anlagen, bei der Planung von Erweiterungen oder von Schallschutzmaßnahmen auf den Anlagen ist sie wenig hilfreich.

Diese Vorschriftenlage war im Besonderen für die Bundeswehr ein nicht haltbarer Zustand. Eine millionenschwere Investition in Infrastruktur, bei der erst im Nachhinein festgestellt werden kann, ob sie in Übereinstimmung mit den Regeln des Lärmschutzes den geforderten Bedarf decken kann, ist ein zu großes wirtschaftliches aber auch im Hinblick auf die Planung des Ausbildungsbedarfs ein zu großes militärisches Risiko.

Die Bundeswehr hat deshalb in enger Zusammenarbeit mit dem LAI (Länderarbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz) einen Leitfaden (Leitfaden für die Genehmigung von Standortschießanlagen – LeitGeStand [6]) entwickelt, der alle heutigen Erkenntnisse zum Schießlärm nutzt, um hinreichend zuverlässige Prognosen über die Zusatzbelastung durch den Betrieb der Schießanlagen abzuleiten. Der LeitGeStand ist heute die anerkannte Grundlage der Schallimmissionsbeurteilung in Planungsphase und führt zu einer vorläufigen Genehmigung des Betriebs einer Standortschießanlage.

1.3 Reduzierung der Emissionssituationen

Aber auch im LeitGeStand ist nach Errichtung bzw. Umbau einer Anlage zwingend vorgesehen, eine Abnahmemessung nach VDI 3745 Blatt 1 durchzuführen; zumindest für die bestimmungsgemäßen Betriebssituationen, die bei der Genehmigung am stärksten mit Auflagen behaftet werden müssen. Dies ist eine große Erleichterung, weil nicht mehr alle Emissionssituationen (also jede mögliche Waffe in jeder möglichen Feuerposition) vermessen werden muss. Die strenge Anwendung der VDI 3745 würde zu einer Unmenge von Messungen führen, weil es insbesondere auf militärische Anlagen eine Fülle von potentiellen Emissionssituationen gibt.

1.4 Grauzonen

Eine auf die wichtigsten Emissionssituationen reduzierte Messung ist immer noch eine komplexe Aufgabe. Die meteorologischen und organisatorischen Bedingungen, unter denen die Messungen an einer Schießanlage durchgeführt werden müssen, um als regelkonform nach VDI 3745 Blatt 1 gelten zu können, sind in vielen Fällen so aufwendig und gegebenenfalls sogar unerfüllbar, dass Grauzonen bei der Genehmigung in Kauf genommen werden. Grauzonen in diesem Sinne meint, dass man sich mit Messergebnissen zufriedengibt, die nicht unter vollständig und strenger Anwendung des Regelwerks der VDI 3745 erhalten wurden. Auch der Autor hat schon auf der Basis solcher Messungen gutachtliche Stellungnahmen verfasst, in dem er die Schwächen der Messung durch Prognosen mit modernen Prognoseverfahren ausgeglichen hat, um Aussagen über die Beurteilungspegel mit hinnehmbarer Unsicherheit mit einer gewissen Vorsorge gutachtlich treffen zu können. Dies gelingt häufig im Rahmen der TA Lärm mit einer Sonderfallprüfung. Dies ist aber ein im Einzelfall jedes Mal schwieriger Weg mit aufwendigen Begründungen einzelner Entscheidungen.

1.5 Stand der Technik

Die VDI 3745 Blatt 1 stammt aus dem Jahre 1993. In den letzten 30 Jahren sind erhebliche Fortschritte beim Verständnis der Entstehung und der Ausbreitung von Schießgeräuschen gemacht worden. Die VDI 3745 Blatt 1 berücksichtigt nicht mehr den aus diesen Erkenntnissen entwickelten heutigen Stand der Technik und bedarf eigentlich grundsätzlich der Überarbeitung.

Anmerkung

Eine Überarbeitung wird aus Sicht des Autors in naher Zukunft nicht geschehen. Einerseits, weil der zuständige Arbeitskreis des NALS zurzeit an der Formulierung des schon seit 30 Jahren im Blatt 1 angekündigten Blatt 2 arbeitet. Andererseits, weil gerade die Finanzierung für die Erarbeitung von Regelwerken in der Verwaltungsakustik wegbriecht. Des NALS fordert neuerdings von den Experten erhebliche Gebühren für die

Mitarbeit an diesen einschlägigen Arbeitskreisen. Es ist zu erwarten, dass der Arbeitskreis viele unverzichtbare Experten verlieren wird.

1.6 Ziel des Aufsatzes

In diesem Aufsatz werden objektivierbare und nachvollziehbare Methoden aufgezeigt, eine unvollständige Vermessung einer Schießanlage nach VDI 3745 Blatt 1 so auszuwerten, dass sie trotz ihrer Schwächen Grundlage einer sachgerechten Beurteilung sein kann.

2 Unvollständige Messungen

2.1 Auf den ersten Blick

Die VDI 3745 Blatt 1 empfiehlt drei meteorologisch unabhängige Messserien mit hinreichender Schussanzahl für jede Emissionssituation zum maßgeblichen Immissionsort unter Mitwind vom Emissionsort zu Immissionsort.

Nach TA Lärm kann es nur einen maßgeblichen Immissionsort je Geräuschquelle geben. Also ist organisatorisch eine Emissionssituation abgehakt, wenn man drei Mal ins Feld fährt und eben die Messung macht. Hat eine Schießanlage beispielsweise gerade mal 3 Schießstände, werden diese Emissionssituationen in einem Aufwasch mit erledigt. Man muss das für jede Waffe machen. An den drei Tagen müssen also nur alle Schützen mit ihren Waffen da sein und schießen.

2.2 Der zweite Blick

2.2.1 Ein einziger maßgeblicher Immissionsort

Die TA Lärm legt den (einen) maßgeblichen Immissionsort für eine Geräuschquelle als den Ort im Einwirkungsbereich fest, bei dem Überschreitungen der Richtwerte am ehesten zu erwarten sind. Der Ermittlung des maßgeblichen Immissionsortes (und des Einwirkungsbereich) hat der Autor bereits einen ausführlichen Aufsatz gewidmet [7].

Quintessenz: Ohne eine vollständige Immissionsprognose unter Berücksichtigung des cmet (nach TA Lärm in DIN ISO 9613-2) und der Richtwerte (Bebauungsplan, Flächennutzungsplan) in dem Ort geht das nicht. Eine Immissionsprognose wird für zivile Anlagen erst nach Inkrafttreten der VDI 3745 Blatt 2 möglich sein. Bei militärischen Anlagen geht das nach Leit-GeStand.

Zudem sind Schießgeräuschquellen stark gerichtete Schallquellen, deren Richtwirkung maßgeblich von der Waffe (z. B. von der Rohrlänge) abhängt, die verschossen wird. Es wird natürlich je Emissionssituation genau einen maßgeblichen Immissionsort geben. Aber den kennt man nicht; weder vor der Messung noch danach! Es ist also ratsam, mehrere Immissionsorte bzw. Messorte zu wählen, so dass man nach Maßgabe der Lage der schützenwerten Nachbarschaft alles abgedeckt hat. Im Regelfall erhält man also Messorte in alle Richtungen von der Anlage.

2.2.2 Anzahl der Emissionsorte

Bei zivilen Schießanlagen ist die Anzahl der möglichen Emissionsorte überschaubar. Dort gibt es in der Regel feste Schützenstände oder bei Trap- und Skeetschießen typischerweise eng

nebeneinander liegende, so genannte Stationen. Daraus werden bei Immissionsorten ab bestimmte Abstände akustisch ununterscheidbare Emissionsorte. Also ist es vertretbar, jeweils die Mitte des Schützenstands und die mittlere Station als repräsentativ zu betrachten. Aber das ist schon eine zu begründende Abwägung und nicht mehr streng VDI 3745 Blatt 1.

Bei militärischen Schießplätzen, beispielsweise Standortschießanlage, sieht das anders aus. Dort hat schon der kurze Schießstand (Typ D) mindestens 4 Schützenpositionen (2 Schießbahnen in 2 Schießzonen in der Sprache des LeitGeStand). Beim Langstand (Typ A) sind es schon es schon 7 Zonen mal 6 Bahnen. Eine Standortschießanlage beispielsweise 2 A-Stände und 4 D-Stände, was eine eher kleine Anlage ist. Das macht dann immerhin 100 Emissionsorte. Zur Erleichterung kann man feststellen: Nicht in allen Emissionsorten werden alle Waffen geschossen.

Die VDI 3745 Blatt 1 erwähnt ausdrücklich in Kapitel 4.1 die Anschlagsart als Einflussgröße bei einer Emissionssituation. Dieser Hinweis ist wichtig. Denn er widerspricht der Vermutung, dass es wohl kaum einen Unterschied macht, ob der Schütze liegt, kniet oder steht. Es muss aber darauf hingewiesen, dass alle Schießstände in der Regel wegen der Schießsicherheit so ausgelegt sind, dass eine direkte Sichtverbindung zwischen Emissionsort und Immissionsort ausgeschlossen ist. Die Immissionen stammen deshalb fast ausschließlich von geschirmten Ausbreitungspfaden. Ob ein Schütze steht oder liegt, also der Waffenknall in 1,6 m oder in 0,2 m abgegeben wird, ist signifikant bei der Beugung über Seitenwälle/-wänden. Falls jede Anschlagsart möglich ist, das ist zumindest bei militärischen Schießständen der Fall, verdreifacht sich die Anzahl der Emissionsorte.

2.2.3 Anzahl der Waffen mit Munition

Im zivilen Bereich gibt es eine Fülle von Waffen. Schon der Blick in einen Katalog mit den verfügbaren Munitionen für die unterschiedlichsten Kaliber macht deutlich, die Messung wird zu einer Lebensaufgabe. Aber man muss nicht alle Waffen mit allen Munitionen vermessen. Für eine konkrete Anlage reichen die Waffen, die dort auch konkret genutzt werden. Die Ermittlung dieser Liste von Waffen, ist ein organisatorischer Aufwand, der aber streng nach VDI 3745 Blatt 1 geleistet werden muss. Bei der Zusammenstellung der Liste sollte man auch direkt Fragen, ob Vereinsmitglieder ihre Munition selbst herstellen (Stichwort Wiederlader).

Die Liste ist lang und man wird eine sachgerechte Auswahl treffen müssen. Dies ist selbstverständlich zu begründen.

Anmerkung

Ein Schallschutzgutachter ist nur in den seltensten Fällen auch ein Waffenkenner. Die Begründung für die Auswahl gutachtlich zu unterschreiben, ist eine Herausforderung.

Bei militärischen Schießen, wenn man die Waffen der Spezialkräfte zunächst außeracht lässt, ist die Anzahl der Waffen und der Munition überschaubar. Auf Standortschießanlagen liegt die Zahl sicher unter 10.

Anmerkung

Die Waffen der Spezialkräfte bleiben sowieso außen vor. Die Bundeswehr wird sie nicht von einer zivilen Messstelle nicht vermessen lassen. Für die Genehmigungsbehörden sein angemerkt. Der Einsatz ist sehr selten.

Bei bei militärischen Waffen noch die Betriebsart hinzu. Neben dem Einzelschuss gibt es den Doppelschuss, das schnelle Einzelfeuer und den Feuerstoß. Jede Betriebssituation etabliert eine neue Emissionssituation. Zielgröße ist der LAFmax und der steigt beim Feuerstoß mit 4 Schuss um vielleicht 4 dB, niemals aber um 6 dB, wie es energetische zu erwarten wäre.

2.2.4 Mitwind von der Quelle zum Empfänger

Eine Messserie ist nur dann regelungskonform, wenn im Zeitraum der Messung tatsächlich Mitwind vom Emissionsort zum Messort herrscht. Die VDI 3745 Blatt legt dazu klare Prüfkriterien vor:

- Richtung: $\pm 60^\circ$ der momentanen Windrichtung $\pm 45^\circ$ des 5-Minuten-Mittelwerts der Windrichtungskegel um die Verbindungslinie Quellenmittelpunkt zum Messort
- Geschwindigkeit: Die Windgeschwindigkeit muss mindestens 1 m/s betragen
- Messort: In der Nähe des Messorts in mindestens 5 m Höhe

Da man im Regelfall – wie oben begründet - in alle Richtungen Messorte zu erwarten hat, muss man also mindestens 12-mal ins Feld, 4-mal für die Mitwindbedingungen und 3-mal für die 3 unabhängigen Messserien.

Die Erfahrung zeigt, dass man eine Messung nach VDI 3745 Blatt 1 sorgfältig planen muss. Die Waffen müssen da sein, die Schützen müssen bereitstehen, die Munition muss in ausreichender Menge aus gleicher Charge da sein. Man muss die Wetterstation an einem für das Vorhaben geeigneten Ort, also repräsentativ für den Ausbreitungspfad, aufbauen, die Messgeräte vor Ort bringen. Alles geübte Praxis bei einer kompetenten Messstelle.

Aber wie schafft man es, dass das Wetter mitspielt und gerade in die Richtung Wind mit Geschwindigkeiten im vorgegebenem Fenster blasen lässt. Bei den ersten Messserien lässt sich die Bedingung leicht herstellen. Man belegt die Messorte, die gerade in Mitwind liegen. Aber

es wird bei den letzten Windrichtungen und Messserien aufwendiger bis unmöglich, endlich einen vollständigen Satz von Messserien zu bekommen.

Eine Wetterprognose sollte obligatorisch sein. Sonst fährt man zu häufig ohne Ergebnis ins Feld. Aber schon vor der Planung der gesamten Messkampagne ist ein Blick auf die Langzeit-Stärkewindrose äußerst hilfreich. Welche Windrichtung kommt mit geeigneter Windgeschwindigkeit wie oft im Jahr vor? Für Anlagen in Tallage (im Rheintal beispielsweise) wird man feststellen, dass der Wind eigentlich immer dem Tal folgt. Es kann also sein, dass man auf eine bestimmte Windrichtung mit großer Wahrscheinlichkeit lange warten muss.

In Kapitel 4.3 der VDI 3745 Blatt 1 werden einige Hintertüren angeboten. Man kann beispielsweise auf Wiederholungsmessungen von Emissionssituation verzichten, wenn sie zu dem späteren Beurteilungspegel nur einen unwesentlichen Beitrag liefert. Das wäre zu begründen. Dazu muss man aber den Schießbetrieb kennen. Denn der Beitrag einer Emissionssituation zum Beurteilungspegel hängt nicht nur vom LAFmax ab, sondern ganz wesentlich davon, wie oft sie vorkommt. Man muss also gegebenenfalls bereits die Auflagen kennen, bevor man misst. In diesem Kapitel wird die ständige Bestimmung des oberen Vertrauensbereichs als Kriterium während der Messung angeraten, um zu bestimmen, wie viele Einzelschüsse noch zu messen sind. Dies war in 1990er Jahren, als der LAFmax vom Handschallpegelmessgerät abgelesen wurde, ein gangbarer Weg. Heute wird häufig aufgezeichnet und später ausgewertet. Der obere Vertrauensbereich wird im Nachhinein bestimmt.

Die VDI 3745 Blatt 1 geht davon aus, dass 6 Stunden Abstand zwischen zwei Messserien zu meteorologisch inkohärenten Wetterzuständen führen. Dies ist über Tag wohl hinreichend. Nachts sind Wetterzustände nicht auszuschließen, die über einen langen Zeitraum stabil bleiben.

2.2.5 Niedrige Pegel

Beim Schießlärm gilt eine einfache Regel:

$$\text{Maximal erlaubte Schussanzahl} = 10^{(\text{Richtwert} - (\text{LAFmax} + 7 - 47)/10)}$$

Zu einem LAFmax von 70 dB gehört bei einem Richtwert von 60 dB (Dorf- Kern- Mischgebiet) eine Anzahl von 1000. Bei einem reinen Wohngebiet sind das nur noch 100. Nachts lauten die Zahlen 31 bzw. 5.

Man lernt aus der Abschätzung, dass bei Schießanlagen mit sachgerechter wirtschaftlicher Perspektive, dass bei lauten Emissionssituationen mit Pegel unter 70 dB zu rechnen ist. Laute

Emissionssituationen sind typisch großkalibrige Gewehre. Bei leiseren Emissionssituationen liegt der Pegel dann bei typisch 40 dB

Moderne militärische Schießanlagen zeichnen sich durch massive bauliche Schallschutzmaßnahmen aus, die die Immissionspegel richtungsabhängig um bis zu 15 dB verringern können. Man sollte mit Maximalpegeln zwischen 40 dB und 50 dB rechnen.

Schießgeräusche konkurrieren dann mit PWK-Vorbeifahrten, Rasenmähern und spielenden Kindern und letztlich sogar mit den tags hohen Hintergrundpegeln in den Immissionsorten.

Der Wechsel hin zu Ersatz-Messorten ist eine häufig schlechte Idee. Die Zielgröße ist ein Maximalpegel, der stärkere von lokalen Gegebenheiten abhängt als ein Mittelungspegel. Die Messung nachts durchzuführen ist eine gute Idee, aber auch da gibt es auch ‚widrige Umstände‘.

Es ist also nicht mehr so, dass man im Schrieb des LAF den Lattenzaun der Schussgeräusche sieht und schon Lineal und Bleistift die Auswertung machen kann. Bei militärischen Anlagen gilt immer mehr: Je besser der bauliche Schallschutz ist, umso schwieriger wird die Messung.

Anmerkung

Im vorliegenden Beitrag stammen einige Beispiele von einer massiv gedämmten militärischen Anlage.

2.3 Zwischenfazit

Es ist nach dem oben Gesagten wohl eher unwahrscheinlich, dass es in den letzten 30 Jahren eine Messung streng nach VDI 3745 Blatt 1 gegeben hat. Alle Gutachten werden in einer Grauzone formuliert sein, so gut, wie es die Praxis zulässt.

Unzulässige Anmerkung

Ein ziviler Schießstand wird häufig von einem Schützenverein betrieben. Die Mitglieder wollen ihrem Sport betreiben; Jäger wollen Schießfertigkeiten verbessern; Und ja, man möchte sich auch in Wettkämpfen messen.

Wenn ein solcher Verein eine Messung nach VDI 3745 Blatt 1 bezahlen muss, übersteigt schon der erste Messtag das Budget. Verwaltungsakustik magst ruhig sein, es geht immer irgendwie, nur nicht streng nach VDI 3745 Blatt 1.

Aber es gibt Ansätze für Lösungen für die Herausforderungen, die auf dem zweiten Blick so deutlich geworden sind. Diese Ansätze werden im Folgenden vorgestellt und begründet. Ziel ist, die Messungen eine unvollständige Messung mit objektivierbaren Regeln aus den Grauzonen herauszuholen.

3 Vereinbarungen

3.1 Auswahl der Messorte

Bei der Auswahl der Messorte führt grundsätzlich nichts an den Überlegungen in Kapitel 2.2.1 vorbei. Wenn es eine VDI 3745 Blatt 2 gibt und jetzt schon mit dem LeitGeStand für militärische Schießplätze, das gilt neben den Standortschießanlagen auch für Standortübungsplätze und für Truppenübungsplätze, sollten die maßgeblichen Immissionsorte einer Anlage anhand der Prognose so bestimmt werden, wie es die TA Lärm vorsieht. Dieser Weg ist rechtssicher und grundsätzlich abwägungsfrei.

Die Prognosen haben auch das Ergebnis, welche Immissionsorte für welche Emissionsorte maßgeblich sind. Entsprechend sind die Messorte und die zu messenden Emissionssituationen festzulegen. Bei den Prognosen werden Klassierungen der Emissionsorte und der Waffen mit Munition Grundlage sein. Das ist beim LeitGeStand schon jetzt der Fall.

3.2 Auswahl der Emissionsorte

Es wird in Kapitel 2.2.2 erläutert, dass grundsätzlich eine große Anzahl von Emissionsorten zu betrachten sind. Die Reduzierung gelingt durch eine sachgerechte Klassierung.

Wesentlicher Parameter bei der Klassierung von Schießständen ist des Schießstands, d. h. die typische Entfernung zwischen dem Schützen und dem Ziel (Zielentfernung). Bei Skeet- und Trapständen, die nutzungsbedingt keine Zielentfernung haben, folgt die Klassierung der typischen Nutzung dieser Schießstände. Den Schießständen wird ein Kürzel zugeordnet.

	1	2	3	4	5	6
	Kürzel	Anlage	Bezeichnung	Zielentfernung	Zielposition	Schützenposition
1	L-Stand	zivil	Langstand	100 m	Mitte Geschossfang in Anschlaghöhe	Mitte Schützenstand
2	M-Stand	zivil	Stand mittlerer Länge	50 m	Mitte Geschossfang in Anschlaghöhe	Mitte Schützenstand
3	K-Stand	zivil	Kurzstand	25 m	Mitte Geschossfang in Anschlaghöhe	Mitte Schützenstand
4	W-Stand	zivil	Wurftaubenschießstand	-	45° links, 30° hoch 45° links, 15° hoch 45° rechts, 30° hoch 45° rechts, 15° hoch	mittlere Station
5	A-Stand	militärisch	Langstand	ZI, ZII, Z50, Z100, Z150, Z200, Z250	45° links, 30° hoch	Mitte Zone
6	D-Stand	militärisch	Kurzstand	ZI, ZII,	Mitte Geschossfang in Anschlaghöhe	Mitte Zone
7	N-Stand	militärisch	Stand mittlerer Länge	Z50	Mitte Geschossfang in Anschlaghöhe	Mitte Zone

Tabelle 1 Zivile und militärische Schießstände mit Angaben zur maßgeblichen Schützenposition, zur Zielentfernung und zur Zielposition

Bei zivilen Schießständen ist der (maßgebliche) Emissionsort stets der Mittelpunkt des Schützenstandes bei Kugelständen und die mittlere Station bei Trap- und Skeetschießen. Jeder Schießstand kennt nur einen Emissionsort.

Auf Standortschießanlagen schreibt der LeitGeStand bereits eine Zonierung vor. Die Zonen sind Abstandsbereiche, weil auch aus der Bewegung aus der Zone geschossen werden kann.

	1	2	3	4
1	Zone	Abstand		maßgeblicher Abstand
2		von	bis	
3	ZI	0 m	15 m	12,5 m
4	ZII	15 m	35 m	25 m
5	Z50	35 m	70 m	50 m
6	Z100	70 m	125 m	100 m
7	Z150	125 m	175 m	150 m
8	Z200	175 m	225 m	200 m
9	Z250	225 m	250 m	250 m

Tabelle 2 Einteilung der Abstandszonen auf einem militärischen Schießstand (soweit zutreffend) mit Angabe des maßgeblichen Abstandes. Die Abstände sind Zielentfernungen, nach [6]

Die Klassierung der Anschlagsart kann auch aus dem LeitGeStand für zivile Anlagen übernommen werden.

	1	2	3
1	Klasse	maßgebliche Höhe	Anschlagsart
2	T	0,2 m	liegend
3	M	0,7 m	kniend, sitzend aufgelegt, aus Hüfte
4	H	1,6 m	stehend

Tabelle 3 Klassierung der Anschlagsarten mit Angabe der maßgeblichen Höhe, nach [6]

Anmerkung

Die Klassierung wurde vom Autor zur Diskussion bei der Entwicklung der VDI 3745 Blatt 2 eingebracht.

3.3 Auswahl der Waffen und Munition

Auf Schießanlagen kommen Waffen in unterschiedlichen Bauformen, Kaliber und Munition zum Einsatz. Der Einsatz ist im Allgemeinen schießstandsspezifisch. Die große Vielfalt von Waffen und damit die große Vielfalt von Schießgeräuschquellen wird durch eine Klassierung so gegliedert, dass der Aufwand bei der Messung sachgerecht minimiert wird.

Den größten Einfluss auf die Quellstärke des Mündungsknalls einer Handfeuerwaffe (ohne Schalldämpfer) hat die Treibladungsmasse der verwendeten Munition. Die Treibladungsmasse ist in nullter Näherung ein Maß für die zum Einsatz kommende Energie. Der Anteil, der davon in Schallenergie umgesetzt wird (pyro-akustischer Wirkungsgrad) ist nahezu konstant. Die

akustische Energie des Mündungsknalls ist deshalb in nullter Näherung proportional zur Treibladungsenergie, vgl. DIN EN ISO 17201-2.

Dieser Zusammenhang ist die Grundlage für die Klassierung der Waffen: Waffen/Munition werden anhand der beim Schuss eingesetzten Treibladungsmasse klassiert. Dieser Klassierungsmaßstab erlaubt die Einordnung jeder Waffe mit der eingesetzten Munition.

	1	2	3	4	5
1	Klasse	Treibladungsmasse	Energiepegel	Zuschlag	Beispiele für Schusswaffen
2	Kürzel	g	dB	dB	Kaliber/Treibladungsmasse
3	W1	bis 0,5	132	- 10 dB	.22 l. r. 0,10 g (s. 10.18 4.BImSchV) 9 mm Luger 0,39 g .38 Special 0,37 g
4	W2	0,5 – 1,0	135	- 7 dB	.45 Auto 0,518 g Hornet 0,55 g
5	W3	1,0 – 2,0	138	- 4 dB	.357 Mag. 1,3 g .44 Rem. Mag. 1,75 g .454 Casull 1,94 g .222 Rem. 1,4 g .223 Rem. 1,58 Flintenkaliber 12/70 (meist) < 2,0 g
6	W4	2,1 g – 5,0	142	0 dB	.243 Win. 3,0 g .308 Win. 3,3 g .30-06 Spring. 3,88 g 8 mm x 57 IS 3,62 g Flintenkaliber 12/70 (vereinzelt) > 2,1 g, 12/76
7	W5	5,1 – 10,0	145	+ 3 dB	.300 Win. Mag. 5,44 g .300 Weath. Mag. 5,57 .338 Win. Mag. 5,18 g .338 Lapua Mag. 6,54 g .416 Rigby 6,28 g .500 N.E. 7,58 g
8	W6	über 10	149	+ 7 dB	. 50 BMG ca. 16 g
	G		142	0 dB	G 36, G27
	MG		143	+ 1 dB	MG 3
	P		138	-4 dB	P 2
	MP		138	-4 dB	MP 2

Tabelle 4 Klassierung der Waffen nach dem Quellpegel des Mündungsknall

Anmerkung

Bei den Kurzwaffen für das Verschießen von Schwarzpulver ist die stärkste Ladung (Steinschloss Pistole Kaliber 17,15 mm) mit 2,72 g (42 grain) angegeben. Überwiegend werden die Kurzwaffen mit Ladungsmengen < 2,0 g geladen.

Bei den Langwaffen ist die stärkste Ladung (Muskete Kaliber 18,2 mm) mit 5,44 g (84 grain) angegeben. Überwiegend werden die Langwaffen mit Ladungsmengen < 4,0 g geladen.

Mündungsknalle sind stark gerichtet. Die akustische Energie wird in wesentlichen Anteilen in Schussrichtung abgestrahlt. Entgegen der Schussrichtung ist dieser Anteil signifikant kleiner. Nach LeitGeStand wird zur pauschalen Beschreibung der Richtcharakteristik die so genannte Exzentrizität angegeben, die Differenz zwischen den Pegeln in Schussrichtung und entgegen der Schussrichtung.

	1	2	3
1	Kürzel	Schusswaffe	Exzentrizität
2	Ex1	Gewehre	11 dB
3	Ex2	Pistolen	18 dB
4	Ex3	Maschinenpistolen	16 dB
5	Ex4	Flinten	14 dB

Tabelle 5 Klassierung der Richtcharakteristik

Anmerkung

Die Richtcharakteristik wird in der DIN EN ISO 17201-2 durch die Koeffizienten c_i einer Cosinus-Entwicklung angegeben. Der Zusammenhang zwischen diesen Koeffizienten und der Exzentrizität ist in folgender Tabelle für die eingeführten Werte der Exzentrizität angegeben.

	1	2	3	4	5	6
1	ϵ_{dir}	dB	11	14	16	18
2	α_0	dB	-1,60	-2,50	-3,00	-3,80
3	α_1	dB	5,50	7,00	8,00	9,00
4	c_1	1	1,066	1,254	1,340	1,419
5	c_2	1	0,317	0,455	0,545	0,631
6	c_3	1	0,065	0,116	0,157	0,201
7	c_4	1	0,010	0,023	0,035	0,050
8	c_5	1	0,001	0,004	0,006	0,010
9	c_6	1	0,000	0,000	0,001	0,002

Tabelle 6 Koeffizienten der Richtcharakteristik nach DIN EN ISO 17201-2 für die Exzentrizitäten

Der Vorteil bei der Messung dieser Klassierung ist eine massive Reduzierung der Emissionssituationen bei der Fülle der möglichen Waffen. Man benötigt ein Gewehr, eine Pistole und eine Flinte als Waffen/Munition. Alle anderen Waffen kann man nach Maßgabe von Tabelle 4 mit einer Unsicherheit von 3 dB bzw. 4 dB je nach Klassenbreite abschätzen. Sinnvollerweise nutzt man ein Gewehr der Klasse W4 oder W5, um möglichst hohe Pegel zu erhalten.

3.4 Auswahl der Emissionssituationen

Im zivilen Bereich muss man neben einem Gewehr auch eine Pistole und eine Flinte vermessen, weil die Richtcharakteristiken eine Rolle spielen. Wenn alle drei Waffenarten auf einem Schießstand geschossen werden, bleiben dennoch nur je Schießstand 3 Emissionssituationen übrig. Das gilt für die Kugelstände. Bei einem Wurftaubenschießstand sind es nach Tabelle 1 vier Emissionssituationen wegen der Abdeckung der Erhöhungswinkel.

Diese Auswahl ist nach VDI 3745 Blatt 1 durchaus zulässig. In Kapitel 4.1 letzter Satz heißt es: „In begründeten Fällen kann jedoch eine Auswahl erfolgen.“ Das ist im obigen Kapitel geschehen und wohl begründet.

Bei militärischen Anlagen lässt sich die Zahl der Emissionssituationen nicht so weit reduzieren. Ein Blick in die Schießvorschriften der Bundeswehr zeigt aber, dass die Zonen auf den Schießständen nicht mit allen Waffen genutzt werden. Hier bleiben durchaus ca. 20 Emissionssituationen übrig. Der Aufwand ist dementsprechend erheblich höher.

3.5 Schallausbreitungssituation

3.5.1 Messung bei günstiger Schallausbreitungssituation

Die oben referierte ‚Mitwindsituation‘ in der VDI 3745 Blatt 1 ist ein klares Prüfkriterium für eine ausbreitungsgünstige Wettersituation. Dabei soll die Windmessung in der Nähe des Messortes stattfinden. Es ist gerade diese Bedingung, die den Aufwand nach oben treibt.

Günstige Schallausbreitungsbedingungen ... (*Zitat aus dem Regelwerk*) „liegen bei Mitwind bzw. Inversion vor und können durch eine Referenzschallquelle überprüft werden.“ In den 1990er Jahren war es tatsächlich eine aufwendige Aufgabe Inversion nachzuweisen. Messungen unter Mitwindbedingungen sind deshalb die Regel mit all den Konsequenzen die in Kapitel 2.2.4 beschrieben sind.

Messungen bei kontrollierter Inversion erweitern aber die Optionen zur Durchführung von regelkonformen Wiederholungsmessung deutlich. Inversionen führen in alle Richtungen um die Quelle zu günstigen Schallausbreitungsbedingungen. Liegt eine Inversionswetterlage vor, kann man in allen Messorten gleichzeitig messen.

Inversionen treten nachts auf, wenn bei wolkenfreiem Himmel die Temperatur des Bodens stark fällt, die Luftschichten darüber aber noch wärmer bleiben. Ignoriert man, dass sich die Schützen gegebenenfalls ‚die Nacht um die Ohren schlagen‘, bieten diese Messungen noch einen niedrigeren Hintergrundpegel und weniger Fremdgeräusche. Auch Windgeräusche am Mikrofon treten nicht auf, weil Inversionswetterlagen typisch schwachwindig sind.

Anmerkung

Es ist empfehlenswert, solche Messungen in der Nachbarschaft anzukündigen, um Beschwerden vorzubeugen.

Die Planung einer Messung nach VDI 3745 Blatt 1 während einer Inversion (natürlich auch einer Mitwind-Messung) profitiert massiv verlangt von einer zuverlässigen Wettervorhersage. Im Vergleich zu den 1990er Jahren hat sich viel geändert. Die Wettermodelle wurden

feinmaschiger und gehen weiter in die Zukunft. Selbst wenn diese Modelle schon damals hinreichend zuverlässige Prognosen berechnet hätte, für den Akustiker waren sie nicht zugänglich. Heute ist das völlig anders: Der Deutschen Wetterdienstes (DWD) stellt die aktuellen Daten des Wettermodells mit einer Maschenweite von 2 km mal 2 km frei zugänglich und kostenfrei über sein OpenData Forum für jedermann im Internet zur Verfügung (unter <https://opendata.dwd.de/weather/nwp/>, Formatbeschreibung s. [12]). In den alle 3 Stunden aktualisierten Vorhersagen sind stündliche Prognosen für die nächsten 48 Stunden enthalten. Dort ist alles vorhanden, was die Prognose der Schallausbreitungsbedingung benötigt: Die zu erwartende Temperatur, Windgeschwindigkeit und Windrichtung von Bodenwerten bis zu hohen Schichten die Feuchtigkeit in Bodennähe und die Niederschlagserwartung. Die Vorhersagen des Wind- und das Temperaturprofils sind wertvolle Hilfsgrößen bei der Planung einer Messung.

Anmerkung

Das Auslesen des Wettermodells erfordert allerdings die tiefe Kenntnis des Datenformats auf dem DWD Server. Cervus Consult nutzt die Abfragen bei der Vorhersage des Schallwetters. Stellt diesen Dienst aber auch für solche Zwecke zu Verfügung. (Zurzeit Anfrage an den Autor erforderlich.)

Es stellt sich insgesamt die Frage, ob die Aussagen des Wettermodells des DWD zum Zeitpunkt der Messung nicht die bessere Option zum Nachweis einer Mitwindsituation ist, als die eigene Windmessung nahe dem Messort. Bei den typisch zu erwartenden Abständen zwischen Emis-sionsort und Messort, ist die Windmessung nur ein Abtastwert entlang des Schallweges, immer auch beeinflusst durch lokale Gegebenheiten.

In der Nacht der Messung gibt es die Möglichkeit, den Nachweis für das Vorliegen einer Inversionswetterlage indirekt zu führen. In der Meteorologie und auch in der Luftreinhaltung nach TA Luft wird der Zustand der Atmosphäre in Klassen eingeteilt. Bei Windgeschwindigkeiten von kleiner 2 m/s und einem Bedeckungsgrad von weniger als einem Viertel, ist davon auszugehen, dass sich nachts, eigentlich 1 Stunde nach Sonnenuntergang bzw. eine Stunde vor Sonnenaufgang (um eine sichere Zeitspanne vorzugeben), mit hoher Wahrscheinlichkeit eine Inversion ausbildet hat.

3.5.2 Messungen außerhalb des Mitwindbereichs der VDI 3745 Blatt 1

Seit dem Inkrafttreten der VDI 3745 Blatt 1 im Jahr 1993 sind erheblich Fortschritte beim Verständnis der Schallausbreitung in der Atmosphäre gemacht worden. Während noch in DIN ISO 9613-2 nur textliche Aussagen zur Pegelminderung bei seitlichem Wind und bei Gegenwind

formuliert sind, existieren heute quantitative Ansätze, um die Abhängigkeit von Immissionspegeln von der Windrichtung zu beschreiben.

Ein Ansatz stammt von Kurze und Schirmmacher [15], der von Hirsch und Vogelsang [13], [14] in einem qualitätssicherbares Verfahren zur Bestimmung des Cmet der DIN ISO 9613-2 verwendet wird. Bei diesem Verfahren wird eine Gewichtungsfunktion nach Gl. 1 hat die Form verwendet, um den Immissionspegel in Abhängigkeit von der Differenz der Ausbreitungsrichtung zur Windrichtung zu beschreiben.

$$G(\varphi) = Q(1 - \cos(\varphi - \Theta \sin(\varphi))) \quad \text{Gl. 1}$$

Anmerkung

Im Folgenden werden bewusst andere Symbole eingeführt als sie häufig in einschlägigen Schriften eher unklar verwendet werden.

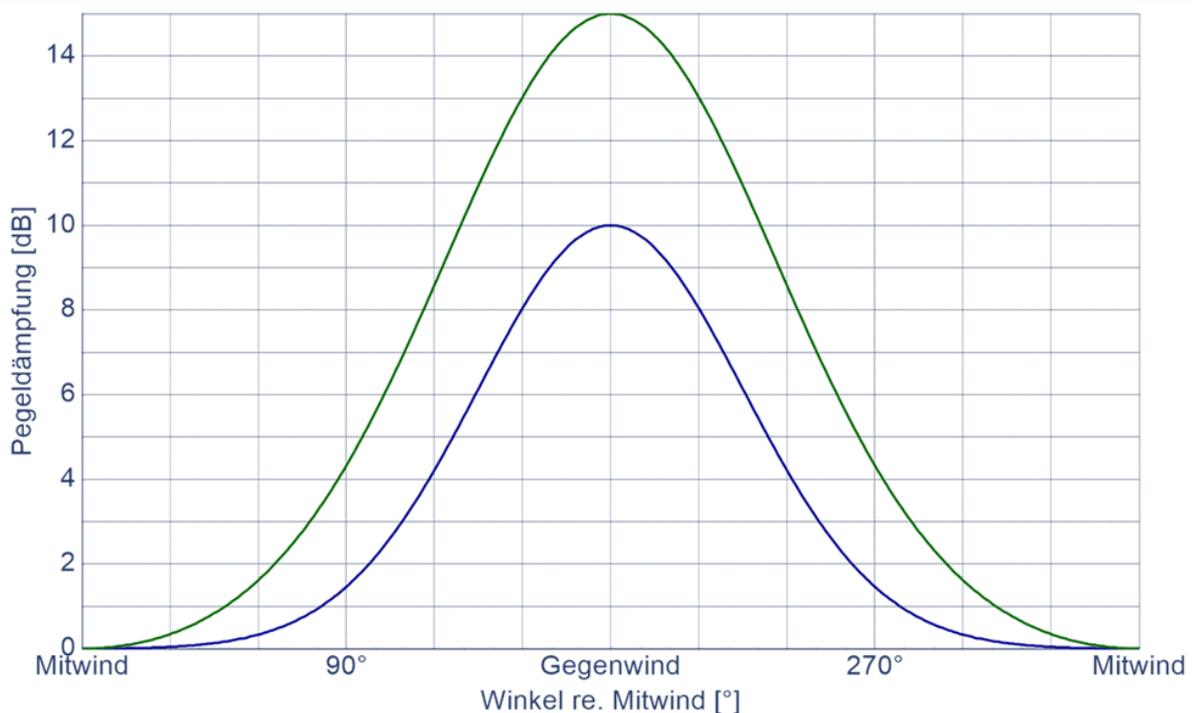


Abbildung 1 Gewichtungsfunktion der Pegeldämpfung für $\{Q = 5 \text{ dB}; \Theta = 45^\circ\}$ (Blau) und $\{Q = 7,5 \text{ dB}; \Theta = 22,5^\circ\}$ (Grün)

In Gl. 1 ist φ der Winkel relativ zur Mitwindrichtung; Q bzw. Θ sind jeweils festzulegende Konstanten. Der ‚Pegel‘ Q kennzeichnet die Pegeldifferenz zwischen Mitwind-Pegel ($\varphi = 0^\circ$) und Gegenwind-Pegel ($\varphi = 180^\circ$). Mit dem Winkel Θ lässt sich die Breite des Gegenwind- bzw. Mitwindfenster festlegen. Abbildung 1 stellt die Funktion für zwei gebräuchliche Wertepaare $\{Q = 5 \text{ dB}; \Theta = 45^\circ\}$ (Blau) und $\{Q = 7,5 \text{ dB}; \Theta = 22,5^\circ\}$ (Grün) dar. Zur Festlegung der Wertepaare Q und Θ vergleiche auch [16], [17], [18].

Mit Hilfe dieses Ansatzes ist möglich, auch Messungen nach VDI 3745 Blatt 1 im Hinblick auf die Windrichtung zu korrigieren. Dafür wird hier ein $Q = 7$ dB und ein $\theta = 25^\circ$ vorgeschlagen und verwendet.

Man entnimmt Abbildung 1, dass bei Messungen unter Mitwindbedingung ein Pegel um maximal 1 dB korrigiert wird.

3.6 Herausforderung niedriger Pegel

3.6.1 Unvollständige Messserien

Bei massiv schallgeschützte Schießanlagen und/oder bei Schießanlagen, bei denen die Immissionsorte, deren maßgebliche Immissionsorte so weit von der Anlage entfernt liegen, können auch die ‚lautesten‘ Emissionssituationen so niedrige Pegel zur Folge haben, dass die Messung grundsätzlich zu einer Herausforderung wird. In Kapitel 2.2.5 wurde schon ausgeführt, dass Abwertete Maximalpegel im Bereich 40 dB bis 50 dB zu erwarten sind.

Anmerkung

Es soll hier noch einmal betont werden, dass die VDI 3745 Blatt 1 formuliert, dass bei den Emissionssituationen, die den Beurteilungspegel der Anlage im Immissionsort „nur noch unwesentlich“ beeinflusst, auf eine Wiederholungsmessung verzichtet werden. Dieser Einfluss hängt von der Häufigkeit des Auftretens dieser Emissionssituation bei den bestimmungsgemäßen Betriebsituationen ab. Damit hängt die Messung erheblich von der Betriebsbeschreibung der gesamten Anlage ab, also beispielsweise von der Selbstbeschränkung des Betreibers durch Angabe maximaler Schusszahlen. Das ist bedauerlicher Weise gängige Praxis. Bei Anlagen der Bundeswehr wird im LeitGeStand völlig anders argumentiert. Das Ergebnis einer Prognose mit dem LeitGeStand ist der prozentuale Beitrag zur Gesamtzusatzbelastung der Anlage durch das Abgeben eines einzelnen Schusses bzw. des Durchführens einer bestimmungsgemäßen Betriebsituation. In diesem Sinne ist jede Emissionssituation gleichwertig.

Bei Messungen von Pegeln in der Nähe des Hintergrundgeräuschpegels sagt die VDI 3745 Blatt 1 an anderer Stelle, dass die Differenz zwischen dem LAFmax und dem dort windinduzierten Geräuschpegel am Mikrophon mindestens 10 dB betragen muss Kapitel 4.2, 5. Absatz. Bei einer Messserie mit einem zu erwartenden mittleren LAFmax von 50 dB und einer Spannweite 20 dB, eine Spannweite, die die Richtlinie selbst in 100 m noch zulässt, vgl. Kapitel 4.3, Seite 4, Absatz oberhalb der Tabelle 1 und die Tabelle 1 selbst, ist damit zu rechnen, dass es einzelne Schüsse geben wird, die nicht auswertbar sind.

Solche Messserien werden im Folgenden als „unvollständig“ bezeichnet

Für unvollständige Messserien gibt die VDI 3745 Blatt 1 keine Handlungshilfen. Vielmehr versagt schon das Konzept ‚Spannweite‘ zur Steuerung der Messung, weil der ‚kleinste LAFmax-

Wert“ nicht ermittelt werden kann. Es ist unumgänglich hierfür Regeln einzuführen, dieser Herausforderung objektivierbar zu begegnen.

3.6.2 Auswertung unvollständiger Messreihen

Je näher sich der Mittelwert einer Messserie am Hintergrundpegel bewegt, umso häufiger wird es vorkommen, dass Einzelmessungen mit niedrigen Pegeln nicht mehr zuverlässig auswertbar sind. In Messberichten werden solche Messergebnisse durch einen Statuseintrag gekennzeichnet. In dem Beispiel in Tabelle 7 bedeutet „nm“ nicht messbar, „nh“ nicht hörbar. Laut Messbericht nicht hörbar wird eingestuft, wenn in der Tonaufzeichnung während der bekannten Eintreffzeit des Schusses kein Knall erkennbar ist.

Bei der Schätzung des Mittelwerts einer mit solchen Einzelmessungen behafteten Messreihe, können diese Einzelmessungen bei der Auswertung nicht weggelassen werden. Ein ‚nicht messbar‘ beinhaltet nicht die Aussage, dass das Ereignis nicht stattgefunden hat, sondern, dass der Pegel im Immissionsort unter der Nachweis- oder Hörbarkeitsgrenze liegt. Es liegt die Vermutung nahe, dass der tatsächliche Pegel dieses Ereignisses, wenn man das Hintergrundgeräusch eliminieren könnte, kleiner wäre als der Pegel des kleinsten noch auswertbaren Einzelgeräusches.

Ein erster Ansatz, solche Messserien zu vervollständigen ist, alle nicht auswertbaren Pegel durch den kleinsten der gültigen Werte zu ersetzen. Der dann aus der vervollständigte Messserien ermittelte Mittelwert wird zwar größer sein als der ‚wahre‘ Wert aber immer noch signifikant kleiner als der Mittelwert der auswertbaren Pegel. Im Sinne des Immissionsschutzes ist das eine sichere Abschätzung, weil sie zu höheren Pegeln führt und damit in letzter Konsequenz zu einem höheren Lärmschutz.

Natürlich gibt es einen Königsweg. Heute werden bei den Messungen nach VDI 3745 Blatt 1 die entscheidenden Kenngrößen aufgezeichnet und später ausgewertet. Es ist also möglich, die Werte der Kenngrößen für das Zeitfenster zu bestimmen in dem der Schuss zu erwarten ist. Diese Werte wären kleiner und böten eine bessere und niedrigere Schätzung der nicht als Schuss konkret auswertbaren Ereignisse. Von einigen Messstellen wird auch so verfahren. Nach dieser Vorgehensweise kommen unvollständige Messungen erst gar nicht vor

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Schuss	Immission	L _{AFmax}	L _{ASEL}	L _{CSEL}	L _{Cpeak}	Mitwind	v	r
2		Uhrzeit	dB	dB	dB	dB		m/s	°
3	erste Messserie								
4	1	04:27:28	49,6	44,8	56,7	70,5	nein	1,0	203
5	2	04:27:47	52,9	47,7	56,3	71,6	ja	1,0	201
6	3	04:28:08	53,9	49,4	56,2	71,7	ja	1,1	198
7	4	04:28:28	52,5	46,7	55,4	73,3	ja	1,1	197
8	5	04:28:48	51,0	46,5	55,7	73,2	ja	1,2	197
9	6	04:29:08	48,3	44,4	55,5	69,5	ja	1,2	195
10	7	04:29:28	nh	nh	nh	nh	ja	1,3	193
11	8	04:29:48	50,3	47,4	56,5	70,4	ja	1,3	193
12	9	04:30:08	nm	nm	nm	nm	ja	1,4	190
13	10	04:30:27	nm	nm	nm	nm	ja	1,4	190
14	11	04:30:47	51,2	48,4	56,9	72,1	ja	1,4	190
15	12	04:31:08	49,1	44,7	55,9	69,6	ja	1,4	190
16	13	04:31:27	nm	nm	nm	nm	ja	1,4	190
17	14	04:31:47	nm	nm	nm	nm	ja	1,3	192
18	15	04:32:08	50,0	45,9	56,4	72,9	ja	1,2	193
19	16	04:32:31	nm	nm	nm	nm	ja	1,2	192
20	17	04:32:53	50,1	45,3	53,8	70,6	ja	1,2	194
21	18	04:33:12	46,5	43,6	54,5	65,0	ja	1,1	196
22	19	04:33:33	50,9	45,7	54,8	70,3	ja	1,1	197
23	zweite Messserie (am Tag danach)								
24	1	01:21:13	nh	nh	nh	nh	ja	2,2	201
25	2	01:21:33	nm	nm	nm	nm	ja	2,2	197
26	3	01:21:52	56,6	51,1	66,5	80,5	ja	2,2	195
27	4	01:22:13	54,1	48,4	64,8	78,9	ja	2,3	192
28	5	01:22:33	nm	nm	nm	nm	ja	2,4	190
29	6	01:22:52	nm	nm	nm	nm	ja	2,4	189
30	7	01:23:12	49,5	46,4	57,7	70,4	ja	2,5	184
31	8	01:23:32	nm	nm	nm	nm	ja	2,6	183
32	9	01:23:52	nm	nm	nm	nm	ja	2,7	181
33	10	01:24:12	53,6	49,7	61,3	74,5	ja	2,6	180
34	11	01:25:33	43,8	41,6	61,2	73,4	ja	2,8	176
35	12	01:25:52	nm	nm	nm	nm	ja	2,9	174
36	13	01:26:13	nm	nm	nm	nm	ja	3,0	174
37	14	01:26:34	nm	nm	nm	nm	ja	2,9	177
38	15	01:26:52	nm	nm	nm	nm	ja	2,9	174
39	16	01:29:48	47,9	43,9	61,1	72,7	ja	2,5	181
40	17	01:30:07	nm	nm	nm	nm	ja	2,5	182
41	18	01:30:27	48,4	43,9	64,6	75,2	ja	2,6	181
42	19	01:30:48	45,8	41,6	56,5	69,8	ja	2,4	182
43	dritte Messserie (am zweiten Tag danach)								
44	1	01:21:13	nh	nh	nh	nh	ja	2,2	201
45	2	01:21:33	nh	nh	nh	nh	ja	2,2	197
46	3	01:21:52	nh	nh	nh	nh	ja	2,2	195
47	4	01:22:13	nh	nh	nh	nh	ja	2,3	192
48	5	01:22:33	nm	nm	nm	nm	ja	2,4	190
49	6	01:22:52	nh	nm	nm	nm	ja	2,4	189
50	7	01:23:12	nh	nh	nh	nh	ja	2,5	184
51	8	01:23:32	nh	nm	nm	nm	ja	2,6	183
52	9	01:23:52	nh	nm	nm	nm	ja	2,7	181
53	10	01:24:12	nh	nh	nh	nh	ja	2,6	180

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Schuss	Immission	L_{AFmax}	L_{ASEL}	L_{CSEL}	L_{Cpeak}	Mitwind	v	r
2		Uhrzeit	dB	dB	dB	dB		m/s	°
54	11	01:25:33	nm	nm	nm	nm	ja	2,8	176
55	12	01:25:52	nm	nm	nm	nm	ja	2,9	174
56	13	01:26:13	nh	nm	nm	nm	ja	3,0	174
57	14	01:26:34	nm	nm	nm	nm	ja	2,9	177
58	15	01:26:52	nh	nm	nm	nm	ja	2,9	174
59	16	01:29:48	nh	nh	nh	nh	ja	2,5	181
60	17	01:30:07	nh	nh	nh	nh	ja	2,5	182
61	18	01:30:27	nh	nh	nh	nh	ja	2,6	181
62	19	01:30:48	nh	nh	nh	nh	ja	2,4	182

Tabelle 7 Tabelle der Messwerte für drei Messserien bei einem Gewehrschuss auf einer Standortschießanlage mit baulichem Schallschutz, Abstand Emissionsort zum Messpunkt ca. 750 m

Es ist hilfreich, neben dem Status dennoch die Pegel anzugeben, die während der Zeit des Eintreffens der Signale gemessen wird. Diese Pegel repräsentieren den Messwert, auch wenn er nicht direkt einem Schießgeräusch zugeordnet werden kann, und können in die Messreihe eingehen. Diese Pegel können den tatsächlichen Pegel nicht unterschätzen, sondern werden ihn grundsätzlich überschätzen.

Diese Pegel liegen im Messbericht nicht vor. Dennoch kann ein Schätzwert für die fehlenden Pegel angegeben werden. Unter der Hypothese, dass ‚nicht messbare Pegel‘ hätten gemessen werden können, wenn sie groß genug wären, kann der ‚wahre‘ Pegel nur kleiner sein als kleinste tatsächlich gemessene Pegel der Messreihe.

Deshalb kann in einem ersten pauschalen Ansatz ein ‚nicht messbarer‘ Pegel eines Einzelereignisses durch den kleinsten Pegel der Messreihe ersetzt werden. Diese Schätzmethode überschätzt den Pegel und führt deshalb auch zu einer Überschätzung des Mittelwertes der Messreihe.

Das gleiche Schätzverfahren wird bei der Bestimmung des mittleren Pegels aus den 3 Messserien angewendet. Falls eine Messserie keine auswertbaren Pegel aufweist, wie im Beispiel der die 3. Messserie, aber Statureinträge ‚nicht hörbar‘ oder ‚nicht messbar‘ enthalten, und gleichzeitig die Messserie unter Mitwind oder Inversion stattgefunden hat, ist davon auszugehen, dass der tatsächliche Messwert unterhalb der Nachweisgrenze liegt. Deshalb ist es sachgerecht, dafür den kleinsten Wert aus anderen, für diese Situation gültige einzusetzen.

Für das Beispiel in Tabelle 7 werden in Tabelle 8 die Auswertungen nach den verschiedenen Verfahren verglichen. Die Zeilen 4 bis 7 enthalten die Auswertung allein auf der Basis der Rohdaten. Die nicht vorhandenen Pegel werden bei der Mittelwertbildung weggelassen, genauso wie die 3. Messserie bei der Bildung des maßgeblichen Werts für die Emissionssituation.

		1	2	3	4	5
1	Auswertung	Bezug	Kenngröße	L _A F _{max}		
2				dB		
3				Serie 1	Serie 2	Serie 3
4	Messdaten	Messserien	arithmetisches Mittel	50,5	50,0	nm
5			energetisches Mittel	50,9	51,9	nm
6		Emissionssituation	arithmetisches Mittel	50,3		
7			energetisches Mittel	51,4		
8	Messdaten mit Er- satz der fehlenden Pegel	Messserien	arithmetisches Mittel	49,2	46,4	46,4
9			energetisches Mittel	49,9	48,9	48,9
10		Emissionssituation	arithmetisches Mittel	47,5		
11			energetisches Mittel	49,3		
12	Messdaten mit Er- satz der fehlenden Pegel und meteoro- logischer Korrektur	Meteorologische Korrektur		1,0	0,6	4,4
13		Messserien	arithmetisches Mittel	50,2	47,0	47,0
14			energetisches Mittel	50,9	49,4	49,4
15		Emissionssituation	arithmetisches Mittel	48,3		
16	energetisches Mittel		50,0			

Tabelle 8 Auswertung der Messung nach Tabelle 7 nach den aufgestellten Regeln

In den Zeilen 8 bis 11 erfolgt die Auswertung unter Anwendung der Regel, dass fehlende Pegel in den Serien und die fehlende Serie selbst durch den kleinsten gültigen Wert in der Serie bzw. der gültigen Serien ersetzt werden. Das energetische Mittel für die Emissionssituation ist nun 2,1 dB kleiner. Bei Auswertung allein der ‚Rohdaten‘ der Serien erfolgt eine Überschätzung.

In den Zeilen 12 bis 16 wird bei der Auswertung zusätzlich zu den Ersetzungen auch die meteorologische Korrektur nach Gl. 1 berücksichtigt. Die Angabe der meteorologischen Korrektur in Zeile 12 zeigt, dass die Messserie gerade so die Mitwindbedingung der VDI 3745 Blatt 1 erfüllt hat. Es wird eine Korrektur von 1,0 dB erforderlich. Bei Messserie 2 sind das nur 0,6 dB. Die Messserie 3 erfolgte bei Querwind. Ihre Pegel hätten deshalb eine Korrektur von 4,4 dB erhalten. Diese Serie enthält aber gar keine Pegel und wird durch die Serie mit dem kleinsten Pegel ersetzt. Das Ergebnis dieser Auswertung liefert wieder höhere Pegel, weil die meteorologische Korrektur in jedem Fall positiv ist.

Diese Auswertung wird vom Autor bevorzugt, weil sie nach heutigem Kenntnisstand erfolgt.

4 Zusammenfassung der Regeln

1. Wenn für einen einzelnen Schuss kein Pegel ausgewertet werden kann, sollte dieser Umstand in der Messwerttabelle schusspezifisch angegeben werden.
2. Bei der Auswertung unvollständiger Messserien werden alle fehlenden Pegel durch den kleinsten Wert der auswertbaren Pegel ersetzt.
3. Die Mittelwertbildung über eine Messserie erfolgt stets über alle abgegebenen Schüsse. Das Weglassen von Schüssen ist nur erlaubt, falls ein Fremdgeräusch das Auswerten verhindert.
4. Bei der Mittelwertbildung zwischen den Messserien wird eine Messserie, die unter regelkonformen Bedingungen aufgenommen wurden, durch den kleinsten Serienmittelwert der Serien mit auswertbarem Pegel ersetzt.
5. Die Bedingung „Inversion“ ist in der Zeitspanne 1 Stunde nach Sonnenuntergang und Sonnenaufgang erfüllt und damit eine regelkonforme günstige Ausbreitungssituation, falls der 10-minütige Mittelwert der Windgeschwindigkeit kleiner 1 m/s ist und der Bedeckungsgrad weniger als $\frac{1}{4}$ ist.

Bei der Vorbereitung einer Messung nach VDI 3745 Blatt sollte das Wettermodell des Deutschen Wetterdienstes (Windprofil, Temperaturprofil, Luftfeuchtigkeit) verwendet werden, um gegebenenfalls Inversionswetterlagen nachzuweisen und/oder die Mitwindbedingung zum Zeitpunkt der Messung im Bereich der Schallausbreitungspfade zu dokumentieren.

5 Verweise

- [1] Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundes-Immissionsschutzgesetz – BImSchG) vom 17. Mai 2013 (BGBl. I S. 1274), das durch Artikel 1 des Gesetzes vom 2. Juli 2013 (BGBl. I S. 1943) geändert worden
- [2] Sechste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz – Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm – TA Lärm vom 26. August 1998. GMBI.
- [3] VDI 3745 Blatt 1, „Beurteilung von Schießgeräuschemissionen“, Beuth Verlag, Mai 1993
- [4] Hirsch, K.-W.: „Schießlärm – Immissionsschutz auf Schießplätzen für Verwaltungsakustiker“, Bella Acustica – De Bello Acustico, dba 15, www.kwhirsch.de.
- [5] Vierte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über genehmigungsbedürftige Anlagen) – 4. BImSchV, in der Fassung der Bekanntmachung vom 2. Mai 2013 (BGBl. I S. 973, 3756).
- [6] Schallimmissionsschutz an Schießständen, Leitfaden für die Genehmigung von Standortschießanlagen - LeitGeStand-, Version 1.0, 2019, Herausgeber Bund/Länder Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz
- [7] Hirsch, K.-W.: „Einwirkungsbereich – Bedeutung und Nutzung des Konzepts der TA Lärm“, Bella Acustica – De Bello Acustico, dba 19, www.kwhirsch.de.
- [8] DIN EN ISO 17201-1: Akustik — Geräusche von Schießplätzen — Teil 1 Messung der Quelldaten von Mündungsknallen
- [9] DIN EN ISO 17201-2: Akustik — Geräusche von Schießplätzen — Teil 2 Schätzung der Quelldaten von Mündungsknallen (ISO/DIS 17201-2:2004)
- [10] DIN ISO 9613-2: Dämpfung des Schalls bei der Ausbreitung im Freien, Teil 2: Allgemeines Berechnungsverfahren, Berlin: Beuth, Oktober 1999
- [11] Hirsch, K.-W.: „Meteorologie der Schallausbreitung - Profilprognosen an der Küste, im Flachland, im Mittelgebirge“, Bella Acustica – De Bello Acustico, dba 21, www.kwhirsch.de.
- [12] Reinert, D.; Prill, F.; Frank, H.; Denhard, M.; Baldauf, M.; Schraff, C.; C. Gebhardt, Marsigli, C.; Zängl, G. : „DWD Database Reference for the Global and Regional ICON and ICON-EPS Forecasting System, Version 2,1,7 Deutscher Wetterdienst DWD,
- [13] Hirsch, K.-W.; Vogelsang, B. M.: "C_{met} - Der Weg zu einem präzisen Ergebnis", Lärmbekämpfung, Zeitschrift für Akustik, Schallschutz und Schwingungstechnik. Heft 4, 2021
- [14] Hirsch, K.-W.: „C_{met} – Die meteorologische Korrektur der DIN ISO 9613“, Bella Acustica – De Bello Acustico, dba 14, www.kwhirsch.de.
- [15] Kurze, U. J.; Schirmmayer, R.: „Meteorologische Korrektur in DIN ISO 9613-2“, Lärmbekämpfung 46(1999)2, S. 45-49
- [16] „Lärm“, Landesanstalt für Umweltschutz, Baden-Württemberg, https://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/41576/09_laerm.pdf?command=downloadContent&filename=09_laerm.pdf

- [17] Thüringer Landesanstalt für Umwelt und Geologie: „Akustik – Dämpfung des Schalls bei der Ausbreitung im Freien: Allgemeine Berechnungsverfahren (ISO 9613:1996) DIN ISO 9613-2“, F.-Chr. Zacharias, https://www.thueringen.de/imperia/md/content/tlug/abt1/vreferate/2013/17_2013/grundlagen_schallprognose_iso9613-2.pdf, abgerufen am 14.02.2020
- [18] Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen: „TA Lärm 1998 – Empfehlungen des LANUV zu cmet“, 2012
- [19] Merkblatt Akustischen Quelldaten für die Handwaffenklassen Gewehr G, Pistole P, Maschinengewehr MG und Maschinenpistole MP, Ergänzung zum Leitfaden für die Genehmigung von Standortschießanlagen – LeitGeStand, Herausgeber Bundesamt für Infrastruktur, Umweltschutz und Dienstleitungen der Bundeswehr – BAIUDBw, GS II 2, Kennung LeitGeStand-Waf,
- [20] Hirsch, K.-W.: „Grundlagen und Anwendungen des Schallwetters“, Zeitschrift für Lärmbekämpfung

6 Über „Bella Acustica – De Bello Acustico“



**Eine Sammlung von Aufsätzen
zu ausgewählten Themen der Akustik
aus der ganz persönlichen Sicht des Autors**

	Prolog Die Schöne und der Krieg	kwhdba.00.02 2018-10-31	E
	Dezibels Warum sich Akustiker in der Wüste am wohlsten fühlen	kwhdba.01.01 2018-10-07	E
	Bewertungen Wie die Ohren hören sollten	kwhdba.02.01 2016-11-09	E
	Zeit begreifen Zeitbegriffe	kwhdba.03.00 2016-11-12	F
	Rote Rosen Prognosen mit dem Schallwetter	kwhdba.04.00 2016-11-12	I
	Pegelsalat Zur systematischen Kennzeichnung von Schallpegeln	kwhdba.05.00 2016-11-12	F
	Vom Harten und Weichen Bodenreflexionen im Freien	kwhdba.06.00 2016-11-12	I
	Atmosphärische Störungen Über Messungen im Freien	kwhdba.07.00 2016-11-21	F
	Projectile Sound To Whom It May Concern	kwhdba.08.01 2018-08-22	E
	Überreichweiten Über Zonen abnormaler Hörbarkeit	kwhdba.09.1 2018-09-17	E
	Götzenverehrung DIN ISO 9613	kwhdba.10.01 2018-10-06	K
	Krumme Hunde Schallkreise in der Luft	kwhdba.11.02 2018-11-09	E
	Kanonische Karten Über klare Kanten in der Lärmakustik	kwhdba.12.0 2019-03-15	I

	Jericho Über Trompeten, Mauern und Schallstrahlungsdruck	kwhdba.13.0 2019-05-13	E			
	Cmet Die meteorologische Korrektur der DIN ISO 9613-2	kwhdba.14.0 2020-04-19	E			
	Schießlärm Immissionsschutz auf Schießplätzen für Verwaltungsakustiker	kwhdba.15.0 2020-04-17	E			
	Rasterdecken Massiver baulicher Schallschutz auf Schießständen	kwhdba.16.0 2020-04-17	E			
	Glossiert Akustik mit Humor	kwhdba.17.0 2020-06-10	E			
	Richtigkeit Qualitätssicherung mit der DIN 45687	kwhdba.18.0 2021-02-03	E			
	Einwirkungsbereich Bedeutung und Nutzung des Konzepts in der TA Lärm	kwhdba.19.0 2021-04-19	E			
	Klima Faktencheck der Temperaturveränderung in Würselen, NRW	kwhdba.20.0 2021-05-19	E			
	Meteorologie der Schallausbreitung Profilprognosen an der Küste, im Flachland, im Mittelgebirge	kwhdba.21.0 2021-09-14	E			
	Hochliegende Quellen Eine einfache Herausforderung in Schallausbreitungsmodellen	kwhdba.22.0 2021-09-14				
	VDI 3745 Blatt 1 Eine in die Jahre gekommene Richtlinie	kwhdba.23.0 2022-07				
Stand	I Idee	erste Skizze	---	E Entwurf	kurz vor druckreif	web
	F Fragmente	erste Abschnitte oder Kapitel	---	D Druck	Druckversion	web
	K Konzept	Konzept ohne Sprachprüfung	web			

Impressum

Autor
Urheberrecht
Zitierhinweis
Verfügbarkeit
Kontakt



Karl-Wilhelm Hirsch
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>
 Hirsch, K.-W.: „Bella Acustica – De Bello Acustica“, [Titel], [Kennung]
www.kwhirsch.de
post@kwhirsch.de