

Götzenverehrung

DIN ISO 9613-2



Kennung: kwhdba.10.01

Datum: 06.10.2018

Status: Konzept

Inhalt

1	Einleitung.....	4
1.1	Darf er das?	4
1.2	Sollte er das?	4
1.3	Er tut es ja gar nicht!	4
2	Der Götze.....	7
2.1	DIN ISO 9613 Teil 1.....	7
2.2	DIN ISO 9613 Teil 2.....	8
3	DIN ISO 9613 - Methodenkritik	9
3.1	Anwendungsbereich.....	9
3.2	Grundlegende Gleichungen	10
3.3	Geometrische Ausbreitungsdämpfung.....	11
3.4	Bodeneffekt.....	12
3.5	Abschirmung.....	16
3.6	Reflexionen.....	19
3.7	Genauigkeit und Einschränkungen des Verfahrens	21
4	Verweise	23
5	Über „Bella Acustica – De Bello Acustico“	25

1 Einleitung

1.1 Darf er das?

Natürlich darf er das, wir leben ja schließlich im Jahr 30+ nach TA Lärm.

1.2 Sollte er das?

Wohl eher nicht. Es könnte doch sein, dass sich humorlose Kollegen auf den Schlips getreten fühlen. Aber der Schlips ist ja aus der Mode geraten. (An dieser Stelle wird bewusst auf die Mitnennung der Kolleginnen verzichtet; erstens gibst es so wenige und zweitens ... schade übrigens.)

Zugegeben, der Titel und die Graphik sind ein wenig unfair und ein wenig unwahr, die Verehrung auch noch das falsche Wort. Viel besser wäre ‚heilige Kuh‘ und ‚Glaube‘. Oder auch eben nicht. Zwar darf man eine heilige Kuh nicht schlachten aber sie geht doch irgendwann ihrem natürlichen Ende entgegen und das ist die definitiv falsche Analogie. Und für die DIN ISO 9613 ist kein Ende abzusehen. Man kann sie, den Götzen, nur stürzen und alle Bruchstücke entsorgen.

1.3 Er tut es ja gar nicht!

Natürlich gibt es da umstürzlerische Gedanken. Aber ab einem bestimmten Alter neigt man dazu, dem jugendlichen Sturm und Drang nur mit einer guten Portion Realitätssinn Raum zu geben. Es ist tatsächlich nicht der Götze, der hier zur Diskussion steht, sondern seine Verehrung.

Es ist wie bei jeder Religion, sie basiert letztlich darauf, dass es zur Zeit ihrer Manifestation Dinge gibt, die der Mensch nicht versteht. Religion ist dann ein gar nicht so einfacher Ausweg, denn sie muss ein in sich immer noch logisches Regelwerk schaffen, dass diese Erklärung zwanglos ideologisch liefert. Bei Kleinigkeiten wie der Schallausbreitung im Freien reicht da ein eigentlich pflegeleichter Götze, dem nichts anderes zu opfern ist, als die alltäglichen Gutachten. Nun, wenn der Götze mit den Opfergaben zufrieden ist, bin ich es auch.

Aber diese Verehrung? Sie findet ihren Ausdruck darin, dass Zweifel an der DIN ISO 9613 mit hoheitlichem Lächeln von höchsten Landesrichtern in den Bereich der Blasphemie gerückt werden. (Was hat mich das gewurmt!). Sie kumuliert in der Jagd nach der zweiten Stelle hinter dem Komma bei jedem Ergebnis, bei jedem Zwischenergebnis (Eigenerfahrung). Und sie führt dazu, dass dieser in Stein gehauene Götze - geschaffen mit dem Zuständigkeitsbereich für die kleine und flache und rauschige Welt - plötzlich für die große weite Welt zuständig wird, für

alles was da an Schall durch die sanften Lüfte kreucht und fleucht; natürlich nur bei gutem Wetter, wenn es nicht regnet und nicht schneit und kein Schnee liegt und nicht stürmt.

Aus physikalisch akustischer Sicht könnte man den Götzen tatsächlich vom Sockel stoßen. Es gibt viel bessere Methoden für einen gegebenen Ort den Langzeitpegel zu prognostizieren. Diese Methoden heißen nicht NORD 2000 oder HARMONOISE. Es sind Methoden, die sich auf die Berechnung der Schallausbreitung in bewegten Methoden stützen und tatsächlich die grundlegenden Differentialgleichungen lösen. Würde man dann die Atmosphäre auf dem Ausbreitungsweg kennen, also im Dreidimensional den Windvektor, die Temperatur und die Luftfeuchte und das für jede Sekunde eines Jahres, gibt es kaum Zweifel, dass das Ergebnis zuverlässig ist. Natürlich kennt man die Atmosphäre nicht so genau. Aber immerhin kann man für jede Stunde und Ort grob-gerasterte Prognosewerte für den horizontalen Wind, für die Temperatur und die relative Luftfeuchtigkeit bei renommierten Wetterdiensten kaufen. Mit der Näherung, dass die Atmosphäre lokal im Prognosegebiet geschichtet ist, kann man prognostizieren. Das wird gemacht und diese Verfahren liefern spannende Pegelverteilungen über die Tagesstunden über ein meteorologisches Jahr. Man erkennt, dass die Schallausbreitung nachts sind auch im Mittel von der tags unterscheidet. Die Vorteile dieses Verfahrens sind immens, weil sie Verteilungen liefern und damit auch statistisch gesicherte Aussagen über Abweichungen von Langzeitmittel.

Die Nachteile sind aber ebenfalls immens, gerade weil sie Verteilungen liefern. Nicht im Sinne der physikalischen Akustik aber im Sinne der Lärm- und Verwaltungsakustik. Wer könnte schon akzeptieren, dass es Tage im Jahr gibt, an denen der Pegel massiv über dem Median liegen. Was um Himmelswillen, könnte ein Richter mit einem gutachtlichen Ergebnis anfangen, das tags und nachts, in den Abend- und Morgenstunden Jahreszeit-spezifisch und ortsabhängig genauso viele Beurteilungspegel und das auch noch mit Perzentilpegeln.

Die Erfahrung zeigt, dass jeder Versuch, die Schallausbreitung auch nur tags von nachts zu unterscheiden führt schon unter Verwaltungsakustiker zu ‚Schnappatmung‘, um es ein wenig volkstümlich auszudrücken. Verwaltungsakustiker wollen einfache Verfahren, präzise Ergebnisse, nur das führt zu nachvollziehbaren Entscheidungen.

Und ich kann sie ein gut Stück verstehen. Es ist gerade der große Vorteil, dass die Verfahren der DIN ISO 9613-2 im Grundsatz simple sind. Sie sind in Computerprogramme qualitätssicherbar umsetzbar, so dass jeder Anwender bei gleicher Eingabe präzise das gleiche Ergebnis erhält. Entscheidungen, etwa durch Vergleich der ermittelten Pegel mit einem

Richtwertsystem führt dann zu rechtssicheren Entscheidungen. Und Rechtssicherheit ist ein immens wichtiger Aspekt in der Verwaltungsakustik.

Die durchaus in der wissenschaftlichen Literatur zu findenden Versuche, die Ergebnisse der DIN ISO 9613-2 mit Messungen zu vergleichen, Fehlerrechnungen gegen Messreihen anzustellen, um daraus Aussagen über die Unsicherheiten des Verfahrens zu erhalten, können in keiner Weise überzeugen. Diesem Aspekt wird weiter unten nachgegangen.

Wenn dieser Aufsatz auch nur ein wenig erreichen kann, dass man nicht mehr „glaubt“, dass ihre Prognosen physikalisch „wahr“ sind, dass man akzeptiert, dass die Ergebnisse der DIN ISO 9613-2 keinen physikalischen Anspruch in sich tragen und dass man so nimmt wie sie gemeint sind, ein Verfahren, das nur (aber immerhin) Pegel liefert, die verwaltungsakustischen Zwecken dienen, ist vieles erreicht.

Man sollte nicht an d. Man sollte doch nicht glauben, dass dieses Verfahren Pegel mit einer Unsicherheit von weniger als 5 dB bis 7 dB ermittelt.

Vielleicht nimmt man ja dann Abstand von der Jagd nach Zehntel Dezibel und ergänzt in Gutachten eine tatsächliche Unsicherheitsbetrachtung. Ich weiß, dass möglicherweise Verwaltungsakustiker nicht mit Unsicherheiten von 7 dB oder größer umgehen können. Aber ist das wirklich ein gutachterliches Problem?

2 Der Götze

2.1 DIN ISO 9613 Teil 1

Eigentlich geht es nur um den Teil 2, der sich Schallausbreitung beschäftigt. Dennoch seien ihrem Teil 1, der die Berechnung der Luftabsorption abhandelt, einige Worte gewidmet. Nach allgemeinem Verständnis beschreiben diese Verfahren die Verluste einer ebenen, monochromatischen Welle bei der Ausbreitung in Luft. Bei einer solchen Welle sind Schalldruck und Schallschnelle in Phase, es scheint also hinreichend, die Luftabsorption im Hinblick auf den Schalldruck zu betrachten. Tatsächlich aber mit man die Absorption als Phänomen des Druckes betrachten, die Schnelle ist außen vor.

Bei stehenden Wellen wird es nur da heiß, wo der Schalldruck das Medium komprimiert; in den Bereichen, wo die Schnelle dominiert bleibt es kühl. Dies kann man körperlich erfahren, wenn man z. B. einen zentral gelagerten Metallstab zu Dehnwellen anregt. Macht man das mit nennenswerter Leistung und tastet in mit der Hand ab, kann man sich in seiner Mitte, um den Druckbauch tatsächlich verbrennen, während man an den Enden eine sich seifig anfühlendes kühles Metall berührt. Absorption lässt sich also begreifen.

Wo findet man schon stehenden Wellen in Luft, könnten Sie fragen. Die viel bessere Frage ist, wo findet man ebene Wellen mit Druck und Schnelle in Phase bei der Schallausbreitung im Freien. Durch die flachen Bodenreflexionen, die in der Welt der DIN ISO 9613-2 vorherrschen, gibt es in Bodennähe viel Interferenz, die halt zu den bekannten Bergen und Tälern in den Schalldruckspektren führen. Im Schnellspektrum ist das natürlich auch so nur eben verschoben.

Anmerkung

Es liegt an der Dezibelitis, dass wir stets die Täler sehen und nicht die Berge. 6 dB ist eine Verdopplung des Schalldrucks aber $-\infty$ dB bedeutet eine Verdopplung der Schallschnelle im Schalldruckspektrum.

Bei ganz flachen Einfallswinkeln der Bodenreflexionen wird – egal wie der Boden beschaffen ist – wird der Bodendip im Schalldruckspektrum sehr breit. Gerade dort gibt es also keine Luftabsorption, die nach DIN ISO 9613-1 zu berechnen wäre. Glücklicherweise ist in der Regel der Boden bewachsen, das Gelände ist nicht völlig eben; es kommt zur Reibung an diesen Hindernissen und irgendwie funktioniert dann eben doch die Rechnung nach dem Teil 2 im langfristigen Mittel über alle schallausbreitungsgünstigen Wettersituationen. Wir glauben wenigstens daran.

2.2 DIN ISO 9613 Teil 2

Zwar wird unten in der systematisch aufgebauten Methodenkritik auch der Anwendungsbereich diskutiert. Dennoch sollen hier einige Aspekte vorab angesprochen werden. Oben wurde formuliert, dass die DIN ISO 9613-2 zuständig ist für die kleine (Abstände < 800 m) und flache (Höhen < 30 m) und rauschige Welt (Keine Waffenknalle und reinen Töne) für schallausbreitungsgünstige Wettersituationen, wenn es nicht regnet und nicht schneit und kein Schnee liegt und nicht stürmt. Für solche Situationen liefert sie nicht etwa eine Prognose, sondern lediglich für den Mittelwert über alle Situationen, bei denen schallausbreitungsgünstige Wettersituationen vorliegen. Ein einzelner Wert für alle. Und für diesen Wert gibt sie eine klassierte Standardabweichung an, falls keine Schirmung vorliegt.

Die Mutter der DIN ISO 9613-2 ist die VDI 2714. Es bleibt an dieser Stelle dem Leser überlassen, dort einmal nachzusehen, was es mit den Unsicherheiten einer Pegelprognose auf sich hat. Die oben angesprochenen physikalischen Modelle, die eine stundenspezifisch Pegelverteilung übers Jahr berechnen, bestätigen die VDI und nicht die DIN ISO.

Es wird andere Aufsätze in der vorliegenden Reihe geben, die das im Detail diskutieren. Hier geht es lediglich darum aufzuzeigen, welche Schwächen die DIN ISO 9613-2 hat und warum die Unsicherheitsbetrachtung massiv geschönt ist.

3 DIN ISO 9613 - Methodenkritik

3.1 Anwendungsbereich

Zitat DIN ISO 9613-2, 1 Anwendungsbereich, Seite 2, Spalte 1, erster Absatz

„Nach dem Verfahren wird der äquivalente A-bewertete Dauerschalldruckpegel [...] unter schallausbreitungsgünstigen Witterungsbedingungen vorausberechnet.“

Es soll hier zunächst die Festlegung der Zielgröße der Vorausberechnungen im Anwendungsbereich der DIN ISO 9613-2 unterstrichen werden: Es ist nur der A-bewertete Dauerschalldruckpegel, keineswegs die Oktavpegel. Dies ist deshalb wichtig, weil die einzelnen Oktavpegel als Hilfsgrößen häufig mit großen Abweichungen bestimmt werden, während der Dauerschallpegel im Rahmen der Unsicherheit zutrifft. Die dazu gehörende Aussage in Kapitel 9 der Norm, dass der *„geschätzte Fehler bei der Berechnung der mittleren Oktav-Schalldruckpegel [...] können geringfügig größer sein als die geschätzten Fehler, die in Tabelle 5 für A-bewertete Breitbandquellen angegeben sind.“* [Zitate aus DIN ISO 9613-2] trifft zumindest für Schießgeräusche empirisch in keinem Abstand verlässlich zu.

Zitat DIN ISO 9613-2, 1 Anwendungsbereich, Seite 2, Spalte 1, letzter Absatz

„Dieses Verfahren ist in der Praxis für verschiedenste Schallquellen anwendbar. Es lässt sich direkt oder indirekt auf die meisten Fällen von Straßen- oder Schienenverkehr, industriellen Schallquellen, Bautätigkeiten und vielen anderen bodennahen Schallquellen anwenden. Es ist nicht anwendbar auf Fluglärm oder auf Druckwellen, die durch Sprengungen, militärische oder ähnliche Aktivitäten verursacht werden.“

Es sollte unterstellt werden, dass die Autoren der Norm bewusst und begründet zwei Geräuschquellenarten ausgenommen haben: Fluglärm und Druckwellen von Sprengungen. Bei Druckwellen aus Sprengungen ist der Hinweis auf nicht-lineare Schallausbreitung wegen hoher Pegel als Grund für die Ausnahme nicht stichhaltig, weil der Einfluss dieser Effekte im direkten Nachbereich abklingt und überhaupt die geometrische Dämpfung, die Reflexion und die Absorption, auch am Boden, sich auch im Bereich nicht-linearer Akustik mit den Gesetzen der linearen Akustik hinreichend zuverlässig beschreiben lassen. Auch nicht-lokale Kopplungen spielen im betrachteten Frequenzbereich der Norm keine Rolle. Es ist eher zu vermuten, dass der zu erwartende große Einwirkungsbereich solcher Geräusche der Grund ist, Anwendung der Norm für Prognosen in großen Abständen zu verhindern. Nur dann ist auch die Erwähnung von Fluglärm sinnvoll, der - auch wenn er ‚bodennah‘ ist - einen größeren Einwirkungsbereich haben kann, als es den Abstandbeschränkungen der Norm entspricht. Nicht bodennaher Fluglärm ist im Satz zuvor sowieso ausgenommen, weil die Norm insgesamt nur für bodennahe Quelle ihre Anwendung reklamiert.

Zitat DIN ISO 9613-2, 1 Anwendungsbereich, Seite 2, Spalte 2, erster Absatz

„Für die Anwendung [...] müssen mehrere Parameter bekannt sein [...] und die Quellenstärke als Oktavband-Schalleistungspegel, in den Richtungen, die für die Schallausbreitung von Bedeutung sind.“

Ein Schalleistungspegel lässt sich für den Mündungsknall nicht ohne Weiteres angeben. Die Quellenstärke des Mündungsknalles liegt als Schallenergiepegel oder Schallenergie vor, die im Bereich von Millisekunden von der Quelle abgestrahlt wird. Bei der Bildung eines äquivalenten Schalleistungspegels kann diese Energie über eine Sekunde ‚verschmiert‘ werden, wenn der Einfluss der Kennimpedanz bei Standardbedingungen in der gegebene Geländehöhe berücksichtigt wird.

Anmerkung

Der Einfluss der Geländehöhe und der unterschiedlichen mittleren Temperatur kann bis zu 1 dB betragen.

3.2 Grundlegende Gleichungen

In Gleichung 5 der DIN ISO 9613-2 wird die Berechnung des äquivalenten Dauerschallpegels für die schallausbreitungsgünstige Immissionssituation aus den Oktavband-Schalldruckpegeln der Beiträge verschiedener Schallwege festgelegt.

Zitat DIN ISO 9613-2, 6 Grundlegende Gleichungen, Gleichung 5

$$L_{AT}(DW) = 10 \lg \left\{ \sum_{i=1}^n \left[\sum_{j=1}^m 10^{0,1[L_{Tr}(ij)+A_r(j)]} \right] \right\} \text{dB}$$

[Anstelle von Index m – hier die Anzahl der Oktavbänder - steht im Original fälschlicherweise n. Anm. d. Verf.]

In Gleichung 5 werden zunächst die Oktavband-Schalldruckpegel ($j = 1$ bis m) für den Schalllaufweg i A-bewertet und energetisch summiert. Danach werden die Summenpegel ebenfalls energetisch zum Pegel $L_{AT}(DW)$ des Gesamtgeräusches aufsummiert. Der Pegel L_{AT} ist allerdings nicht der Pegel, der als Ausgangskenngröße für eine Emissionssituation bei der Beurteilung einer Schießanlage nach TA Lärm bzw. VDI 3745 zugrunde gelegt werden kann. Für diesen Zweck wird der mittlere (ebenfalls im Sinne eines mittleren Pegels für schallausbreitungsgünstige Witterungsbedingungen) A- und Fast-bewertete Maximalpegel L_{AFmax} benötigt. Für einen einzelnen Schalllaufweg ergibt sich - zumindest in näherer Nachbarschaft – eine theoretische Umrechnung durch das Addieren von 9 dB zum $L_{AT,i}$, weil die Dauer des Mündungsknalles hinreichend kurz ist im Vergleich zur Zeitkonstanten von 125 ms der Fast-Bewertung. Für die Vorausberechnung des L_{AFmax} des Gesamtgeräusches sind aber unverzichtbar die Laufzeitunterschiede zwischen den Beiträgen der einzelnen Schallwege zu berücksichtigen.

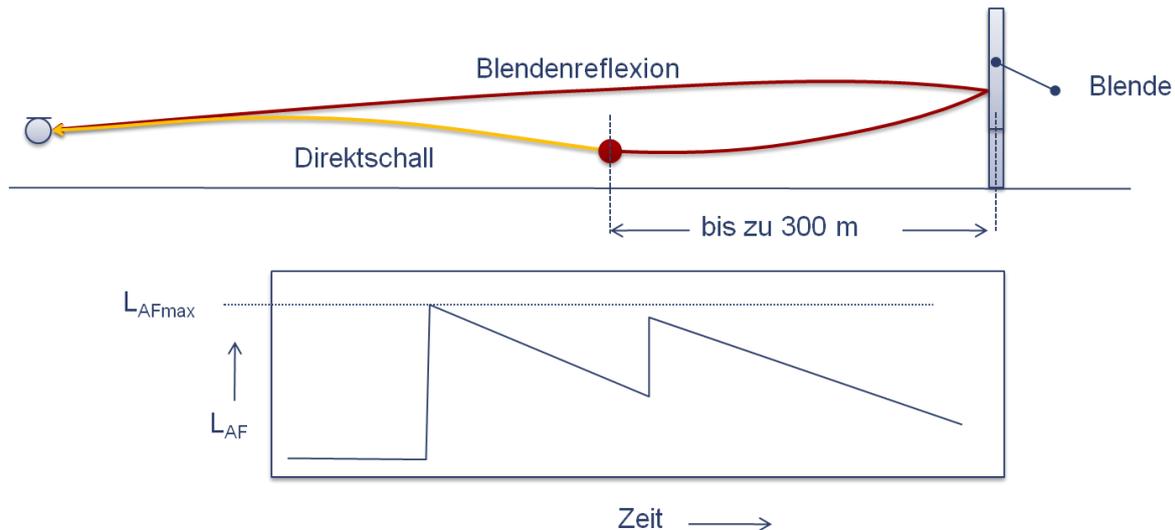


Abbildung 1: Überschätzung des L_{AFmax} durch Vernachlässigung von Laufzeiten

Abbildung 1 zeigt zur Erläuterung dieses Arguments eine triviale Situation. Unterstellt man einen Abstand des Schützen von der Blende von 200 m und eine Exzentrizität der Richtcharakteristik von 5 dB (Pistole) trifft die Blendenreflexion mehr als 1 s nach dem Direktschall mit annähernd gleichem Pegel in ca. 500 m Abstand hinter dem Schützen ein. In diesem Fall überschätzt die Prognose nach DIN ISO 9613-2 wegen der in Gleichung 5 vorgegebene Pegeladditionsvorschrift den L_{AFmax} um nahezu 3 dB. In **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**, weiter unten, wird das durch eine Messung unterstrichen.

3.3 Geometrische Ausbreitungsdämpfung

In Gleichung 7 legt die DIN ISO 9613-2 ohne Einschränkung fest, dass die geometrische Dämpfung auf „kugelförmiger Schallausbreitung“ beruht. Gleichzeitig geht sie sehr wohl von gekrümmten Strahlen aus; z.B. in Kapitel 7.3.1, wenn sie bei der Bodenreflexion vom „abwärts gekrümmtem Ausbreitungsweg“ spricht, oder im Anhang A (informativ) zumindest für die Dämpfung durch Bewuchs einen Krümmungsradius von 5000 m in einer Anmerkung vorschlägt und in Bild A.1 den gekrümmten Strahl skizziert.

Zitat DIN ISO 9613-2, 7.1 Geometrische Ausbreitungsdämpfung, erster Satz

„Die geometrische Ausbreitung berücksichtigt die kugelförmige Schallausbreitung von einer Punktschallquelle im Freifeld [...].“

Beide Modellansätze (kugelförmige Schallausbreitung und abwärts gekrümmte Kreisstrahlen) widersprechen sich nur dann nicht, wenn man die Gültigkeit der kugelförmigen Ausbreitung auf deutlich unterhalb des halben Krümmungsradius beschränkt. Abbildung 2 skizziert den denknötwendigen Übergang der geometrischen Ausbreitungsdämpfung von $1/r^2$ auf $1/r$ für

abwärts gekrümmte Strahlen. Dieser Übergang ist nicht nur hier denknotwendig; der Übergang wird auch durch wellentheoretische Modelle und andere Strahlenmodelle bestätigt.

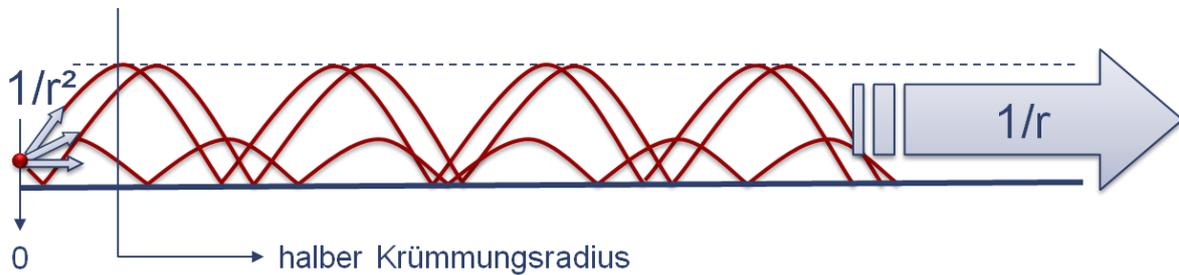


Abbildung 2: Übergang der geometrischen Dämpfung von $1/r^2$ auf $1/r$ bei Mitwindbedingungen bzw. Inversionslagen

Gleichung 7 ist also eine Näherung für den Nahbereich und der eigentliche Grund, warum die DIN ISO 9613-2 von ihrer Modellbildung her nicht auf größere Entfernungen als ca. 1000 m anwendbar ist. Es wird in [12] nachgewiesen, dass die Vorausberechnungen der Norm dennoch den Pegel in größeren Entfernungen treffen kann, weil im Mittel die Anzahl der Bodenreflexionen mit der Entfernung zunimmt und faktisch die zunehmende Bodenabsorption, die die DIN ISO 9613-2 ebenfalls nicht berücksichtigt, den Fehler in der geometrischen Dämpfung kompensieren kann. Die Unsicherheit in dem Zusammenspiel dieser beiden Effekte ist eine der wesentlichen Ursachen für die bekannte, häufig aber nicht begründbare Zunahme der Unsicherheit der Prognosen der DIN ISO 9613-2 mit zunehmender Entfernung. Da bei Schießgeräuschen Vorausberechnungen in Entfernungen von bis zu 3000 m erforderlich sind, ist die DIN ISO 9613-2 in wichtigen Bereichen der Nachbarschaft von Schießanlagen nicht anwendbar.

3.4 Bodeneffekt

Die spektrale Berücksichtigung des Bodeneffekts ist zugleich eine große Stärke und eine große Schwäche der DIN ISO 9613-2. Immer dann, wenn die in der Norm unterstellte Ausbreitungssituation zutrifft, liefert sie erfahrungsgemäß zuverlässige Korrekturen; Wenn das nicht so ist, ist dieser Term spektral gesehen äußerst unsicher. Leider ist aus der Norm nicht direkt ersichtlich, welche Ausbreitungssituation bei den empirischen Funktionen nach Bild 2 der Norm tatsächlich angenommen wurde. Allerdings sind nach Bild 1 der Norm die Bodeneigenschaften im Quellbereich, im Mittelbereich und im Empfängerbereich gegebenenfalls unterschiedlich zu berücksichtigen; Die Norm stellt für diese Bereiche jeweils unabhängig einstellbare Bodenparameter (G_s , G_m und G_r) zur Verfügung. Der Schluss liegt nahe und soll im Folgenden ansatzweise belegt werden, dass bei der Modellbildung für die

Berechnung der Bodendämpfung Situationen mit vorzugsweise drei Bodenreflexionen unterstellt wurden.

Zitat DIN ISO 9613-2, 7.3 Bodeneffekt, zweiter Satz

„Durch einen abwärts gekrümmten Ausbreitungsweg (Mitwind) ist sichergestellt, daß diese Dämpfung [gemeint ist die Bodendämpfung, Anm. d. Verf.] in erster Linie durch die Bodenoberflächen in der Nähe der Quelle und des Empfängers bestimmt wird.“

Allerdings betont die Norm textlich die besondere Bedeutung der Bodenbeschaffenheit der Nahbereiche von Quelle und Empfänger. Dies kommt dann auch bei der Berechnung der Beiträge zur Bodendämpfung in den einzelnen Bereichen (A_s Quellbereich, A_m Mittelbereich, A_r Empfängerbereich) durch das besondere Verfahren zur Bestimmung von A_m zum Ausdruck: Der Beitrag A_m wird ausgeschaltet, wenn die Entfernung zwischen Quelle und Empfänger kleiner gleich der Summe der Höhen von Quelle und Empfänger ist und ist - bis auf die Sonderbehandlung der 63-Hz-Oktave - frequenzunabhängig. Die Norm lässt nicht zu, dass man wegen anderer Vorkenntnisse die Dämpfungsterme A_s oder A_r weglässt.

Abbildung 4 zeigt exemplarisch die Qualität des spektralen Bodeneffekts im Vergleich zu einem Kreisstrahlenmodell und dem Harmonoise Modell (P2P Modell [13]). Die Geometrie der Kreisstrahlen wird nach der in [12] gegebenen Bestimmungsgleichung ermittelt.

Anmerkung

Kreisstrahlenmodell und Harmonoise dienen hier als Referenzmodelle. Das Kreisstrahlenmodell bildet die Pegelprognose aus der Überlagerung komplexer Fourier-Spektren jedes einzelnen Strahls in Abhängigkeit von den durch die jeweils anderen Schallausbreitungswege und -laufzeiten und den frequenz- und den einfallswinkelabhängigen Phasenverzögerungen der Bodenreflexionen unterschiedlichen Phasendrehungen. Bei den Modellen wurden die Bodeneigenschaften und die Eigenschaften der Atmosphäre sachgerecht in den jeweiligen Modellparametern umgesetzt.

Bei dem Vergleich zwischen einer Schallausbreitungssituation mit einer einzigen mittigen Bodenreflexion ermittelt die DIN ISO 9613-2 offensichtlich im Frequenzbereich 125 Hz bis 400 Hz Bodendämpfungen, die durch die beiden anderen Modelle nicht bestätigt werden. Beide Referenzmodelle zeigen gleichlautend den entscheidenden Bodendip, der auch bei einer Messung zu beobachten ist. Die DIN ISO 9613-2 unterschätzt wegen ihres Bodenmodells die Pegel in dem angesprochenen Frequenzbereich um mehr als 15 dB (bei 250 Hz). Diese Fehler sind in den Oktaven nicht nur „geringfügig größer“ (vgl. DIN ISO 9613-2, 9 Genauigkeit und Einschränkungen des Verfahrens, Seite 12, zweite Spalte, erster Satz) als die Unsicherheiten nach Tabelle 5 der Norm.

Da der Frequenzbereich von 125 Hz bis 400 Hz gerade für Schießlärm von Gewehren entscheidend ist, liefert die Berechnung der Bodendämpfung selbst in einer Entfernung von 100 m schon spektral erhebliche Unsicherheiten.

Für die typische Anwendung auf Industriequellen o.ä. ist das nicht entscheidend. Einerseits sind die realen Quellen deutlich ausgedehnter, was zu weniger ausgeprägten Bodendips führt, andererseits stimmt der äquivalente Dauerschallpegel - also die eigentliche Zielgröße der Norm - mit den Prognosen der anderen Modelle im Rahmen ihrer Unsicherheiten sehr wohl überein.

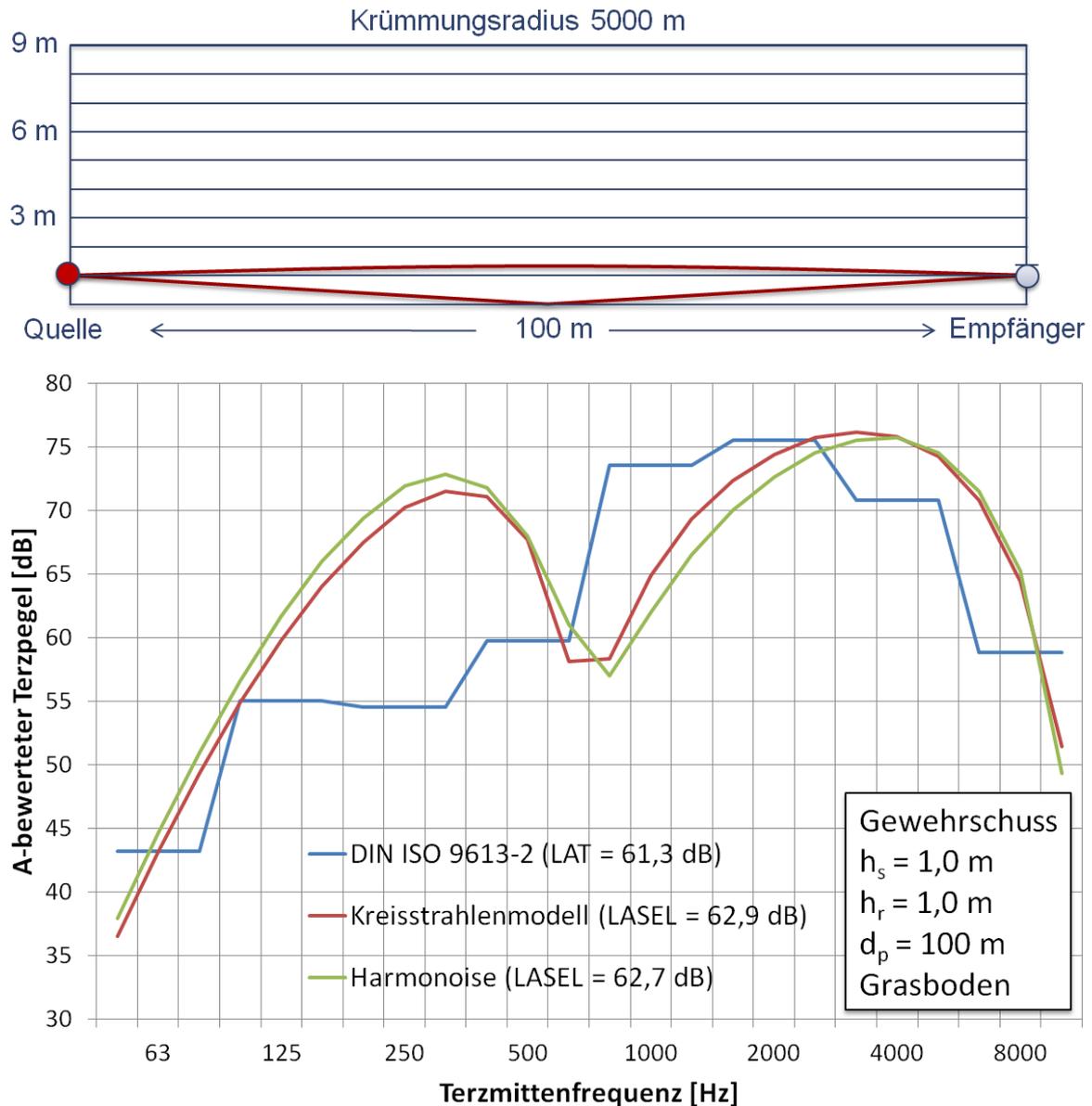


Abbildung 3: Vergleich von Prognosen der DIN ISO 9613-2, Kreisstrahlenmodell und Harmonoise die Schallausbreitungssituationen mit einer Bodenreflexion
 Krümmungsradius: 5000 m, Quellsignal: WEBER-Spektrum eines typischen Gewehrusseses
 oben: Strahlen des Kreisstrahlmodells, unten: Terzspektren

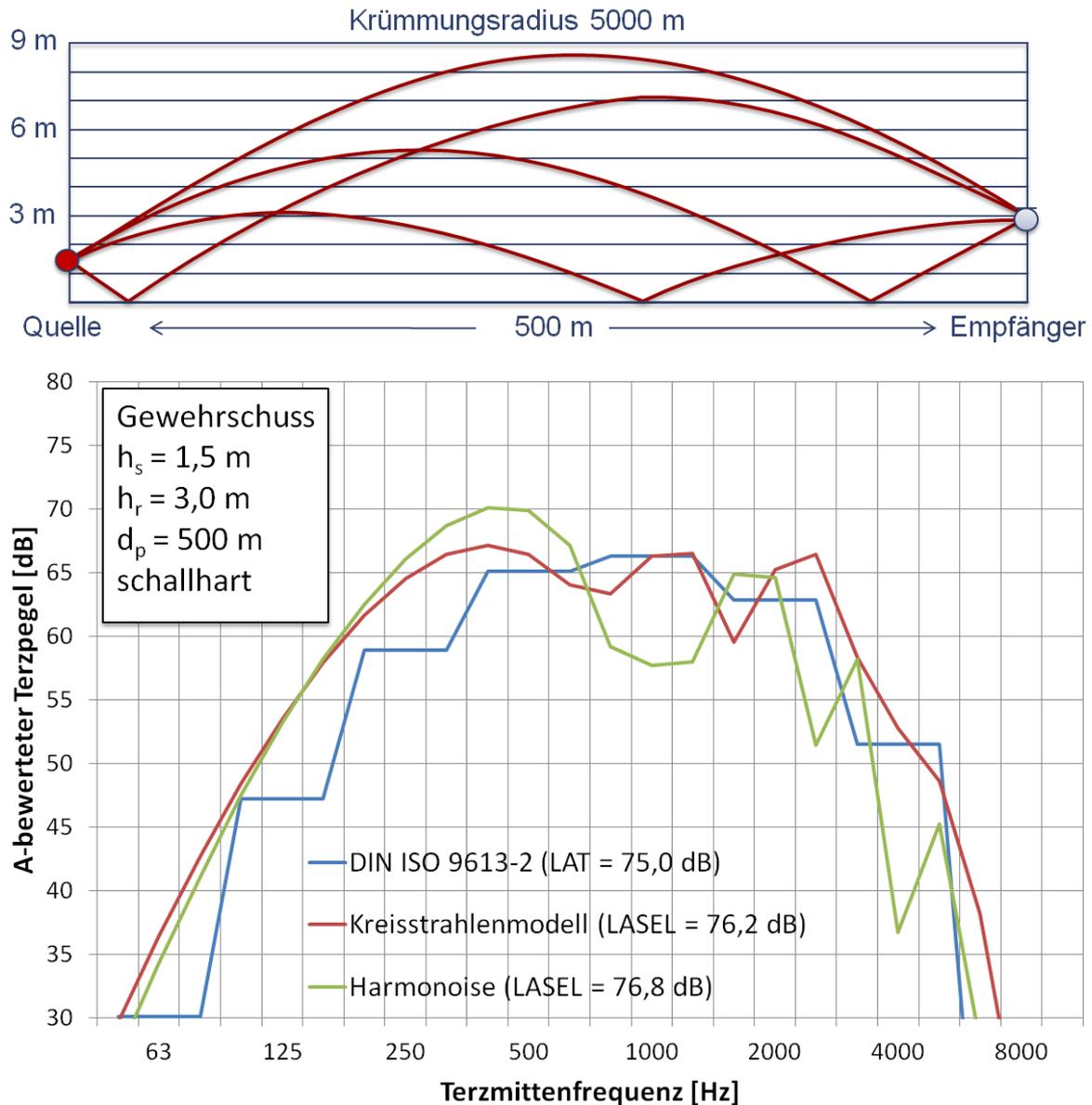


Abbildung 4: Vergleich von Prognosen der DIN ISO 9613-2, Kreisstrahlenmodell und Harmonoise für eine Schallausbreitungssituationen mit drei Bodenreflexionen
 Krümmungsradius: 5000 m, Quellsignal: WEBER-Spektrum eines typischen Gewehrschusses
 oben: Strahlen des Kreisstrahlmodells, unten: Terzspektren

Abbildung 4 zeigt zum Vergleich zu Abbildung 3 einen Fall mit drei Reflexionen in einem mittleren Abstand. Offensichtlich sind die Unsicherheiten dann deutlich kleiner, wenn drei Bodenreflexionen vorliegen und zwei davon im Nahbereich von Quelle bzw. Empfänger. Solche Ausbreitungssituationen sind typisch für bodennahe Quellen in einem Abstand bis deutlich unter einem Kilometer. Zu größeren Entfernungen steigt die Anzahl der Strahlen mit vielfachen Bodenreflexionen an. Wenn diese Strahlen pegelbestimmend werden, muss auch wieder eine steigende Unsicherheit angenommen werden. Mit höher liegenden Quellen und Empfängern sinkt die Anzahl der Bodenreflexionen und es gibt trotz größerer

Entfernungen - auch über einen Kilometer hinaus - wieder nur drei Reflexionen. Es ist also nicht trivial, die Unsicherheit der Bodenkorrektur der DIN ISO 9613-2 abzuschätzen.

3.5 Abschirmung

Bei Schießlärm aus Schießanlagen spielt die Abschirmung eine besondere Rolle. Schon aus Gründen der Schießsicherheit ist baulich sichergestellt, dass Geschosse auch bei nicht bestimmungsgemäßem Schießen den Stand nicht so verlassen können, dass sie ein signifikantes Risiko für die Nachbarschaft darstellen. Grundsätzlich können deshalb nur Geschosse mit einem so großen Erhöhungswinkel den Stand verlassen, dass sie auf den dann erzwungenen weiten ballistischen Bahnen einen Großteil der für die Wirkung notwendigen Geschossenergie verlieren. Die Anzahl, Position und die Höhe der Sicherheitsblenden werden nach dieser Maxime in der BFR vorgegeben. Vernachlässigt man für den Moment das Phänomen Beugung, entspricht diese Maxime im Grundsatz auch einem lärmarmen Design einer Anlage: Denn Schall, der mit einem größeren Erhöhungswinkel abgestrahlt wird, kommt unter typischen Mitwind- und Inversionsbedingungen kaum in der empfindlichen nahen Nachbarschaft wieder in niedrige Empfängerhöhen.

Der durchaus komplexe Algorithmus in der DIN ISO 9613-2 zur Berücksichtigung der Beugung zeigt, dass dieses Phänomen schon bei einem bis maximal zwei Schirmen zu großem Aufwand führt. Im Folgenden sollen an einfachen Beispielen die Besonderheiten der Beugung bei Schießgeräuschen aufgezeigt werden.

Abbildung 5 zeigt links die typische Situation einer „MAEKAWA-Beugung“, deren Grundgleichung in der DIN ISO 9613-2 benutzt wird. Es wird ein unendlich langer Schirm vorausgesetzt; Die Quelle ist ungerichtet aber kohärent; Zur Beugung trägt nur die erste FRESNEL-Zone bei; Die Beiträge aus den übrigen Zonen löschen sich aus Symmetriegründen aus.

Anmerkung

Es könnte gezeigt werden, dass für diese Fälle auch andere Beugungsansätze, z.B. die so genannte KIRCHHOFFsche Beugung, zu gleichlautenden Ergebnissen führen. Dies soll hier und bei folgenden Hinweisen nicht vertieft, sondern nur ohne Beleg berichtet werden.

Auf Schießständen ist der Wall nicht unendlich lang, sondern durch die Sicherheitsblenden unterteilt. Fallweise umfasst die effektive Länge nur zehn Wellenlängen bei der energetischen Schwerpunktfrequenz; Die Schallquelle ist gerichtet, die Wallkante also keineswegs gleichmäßig ‚beleuchtet‘; Zur Beugung trägt nicht nur die erste FRESNEL-Zone bei, weil sich

die übrigen Zonen nicht mehr auslösen: Die Symmetrie wird durch die Richtcharakteristik massiv gestört.

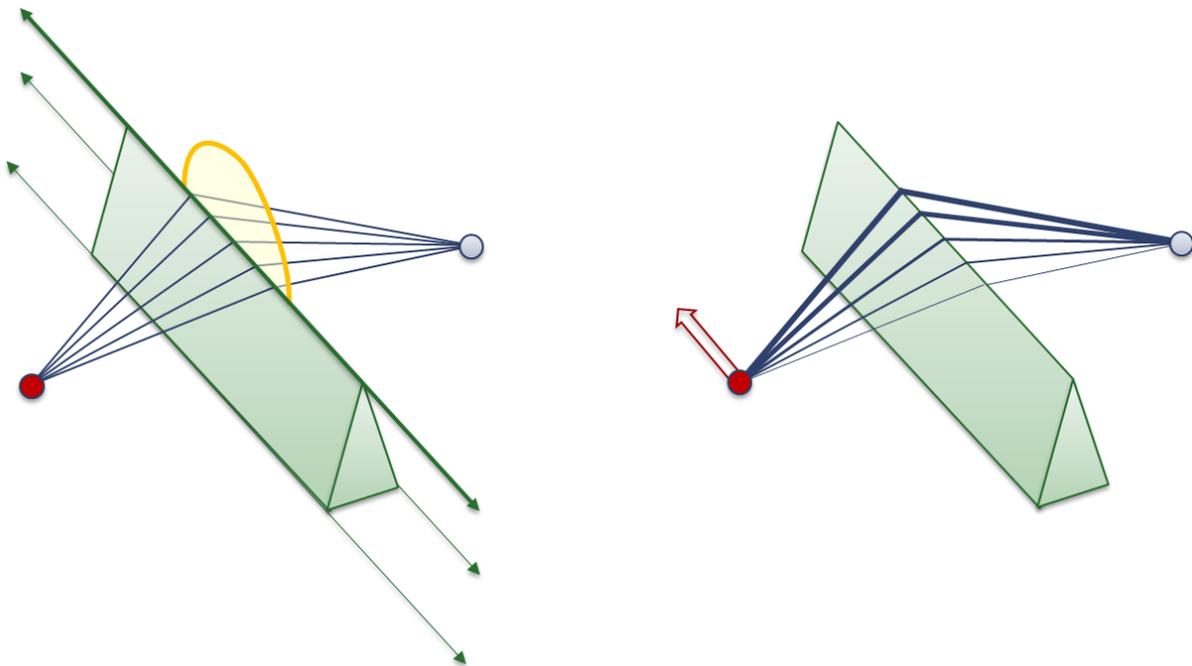


Abbildung 5: Skizze zur Beugung bei einer ungerichteten und einer gerichteten Quelle
(Mündungsknall einer Gewehrschusses parallel zum rechten Seitenwall)

Berechnungen nach der KIRCHOFFSchen Beugungstheorie unter Berücksichtigung der nach dem WEBER-Modell wohl definierten Phasen in dem Signal eines Mündungsknalles zeigen deshalb signifikante Abweichungen in der Größenordnung von Dezibel. Die Berechnung der Beugung nach der DIN ISO 9613-2 birgt aus dieser Sicht zumindest zusätzliche Unsicherheiten.

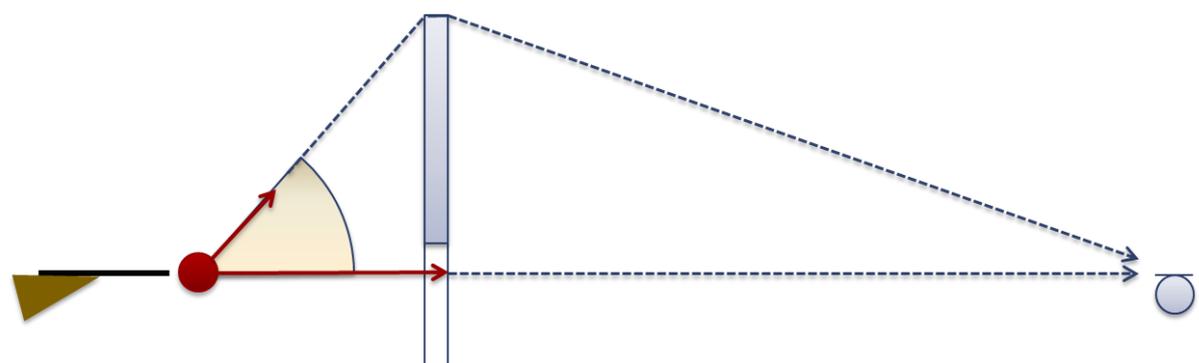


Abbildung 6: Skizze zur Beugung bei einer ungerichtete und gerichteten Quellen
(Mündungsknall einer vor einer Höhenblende)

Ein weiterer Aspekt geht ebenfalls auf die Richtcharakteristik zurück. Die Mehrzahl der Schützenstellungen liegt vor oder nach einer Sicherheitsblende. Abbildung 6 skizziert eine solche Situation für die Schießrichtung. Gleiches gilt aber auch für eine Blende hinter dem Schützen. Für die folgende Argumentation soll vernachlässigt werden, dass es sich um eine

Blende handelt, die unterschossen wird. Es geht nur um das Prinzip. Wegen der starken Richtwirkung des Mündungsknalles ist der die Blendenoberkante beleuchtende Schall in der Größenordnung von vielleicht 3 dB geringer als der Direktschall. Die Anwendung der DIN ISO 9613-2 zwingt zur Interpretation: Ist die Richtung des Direktschalls maßgeblich für die Ausbreitungsrechnung oder ist es der um 3 dB reduzierte Pegel in der faktische Ausbreitungsrichtung des Schalls? Diese Frage ist natürlich auch für die Spiegelschallquelle zu stellen. Es geht hier nicht um die richtige Antwort auf diese Frage sondern nur darum aufzuzeigen, dass dies bei einer Rechnung nach DIN ISO 9613-2 diskutiert werden muss. Sicher ist aber, dass dieser Aspekt in die Betrachtung der Unsicherheit einfließen muss.

Zitat DIN ISO 9613-2, 7.4 Abschirmung, Geometrische Ausbreitungsdämpfung, erster Satz

„Die geometrische Ausbreitung berücksichtigt die kugelförmiger Schallausbreitung von einer Punktschallquelle im Freifeld [...]“

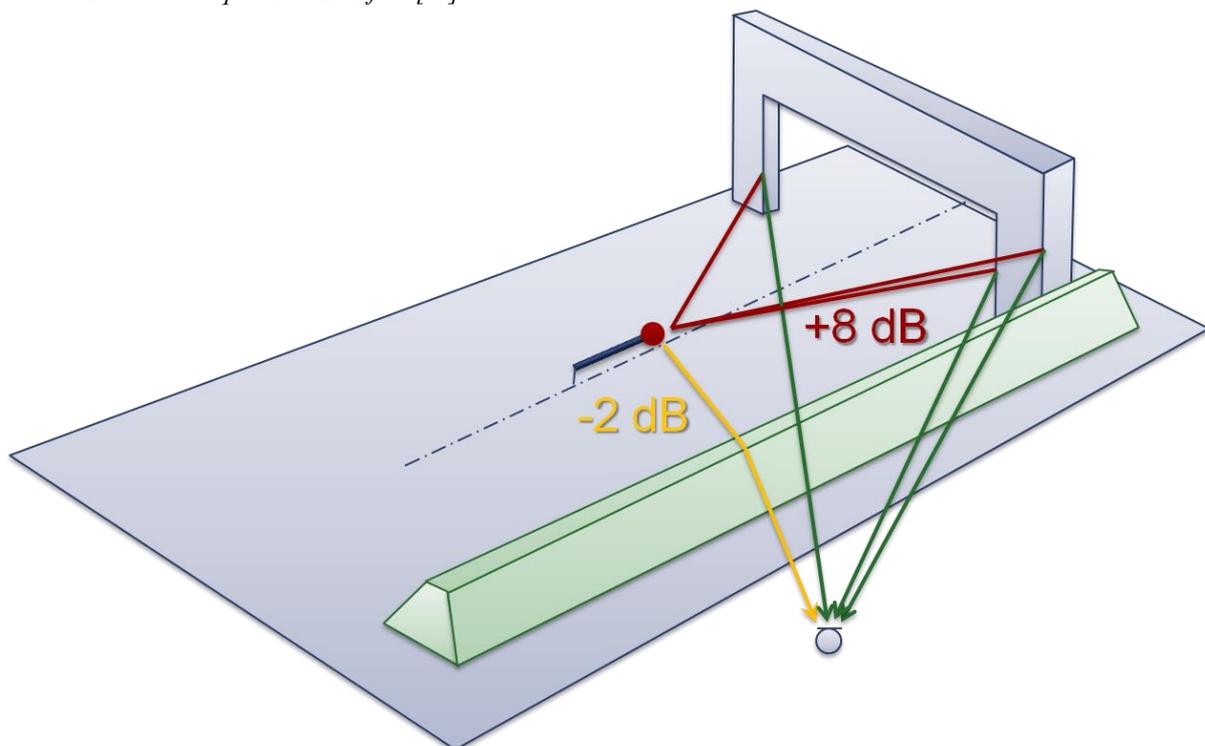


Abbildung 7: Skizze zur seitlichen Beugung mit Angabe von relativen Pegeln nach Maßgabe einer typische Exzentrizität der Richtcharakteristik eines Mündungsknalles

Die Betrachtungen zur Beugung lassen sich auf dem Weg in die tatsächlich viel komplexere Geometrie eines realen Schießstandes weiter komplizieren. Abbildung 7 zeigt die Verhältnisse an einer Blende, wenn sich der Empfangsort seitlich zum Schützen befindet. Im Messsignal kann man jeden dieser Beiträge identifizieren; sie zu prognostizieren ist zumindest mit der DIN ISO 9613-2 unmöglich. Die Norm kennt keine Schirme, die neben den äußeren Beugungskanten auch innere Kanten aufweisen. Die Analyse der Spiegelschallquellen, ihrer

Raumwinkel und ihrer Stärke für eine Beugungsrechnung wird in einem realen Schießstand in der Regel zu einer unlösbaren Aufgabe.

Es ist aber sicher festzustellen, dass die Sicherheitsblenden zu den ‚hohen Schirmen‘ zu zählen sind. Dann gilt die Anmerkung 14 der DIN ISO 9613-2 mit großem Nachdruck

Zitat DIN ISO 9613-2, 7.4 Abschirmung, Seite 8, linke Spalte, Anmerkung 14

„Für große Abstände und hohe Schirme ist das unter Verwendung von Gleichung 12 [$A_{bar} = D_z - A_{gr} > 0$, Anm. d. Verf.] berechnete Einfügungsdämpfungsmaß nicht ausreichend durch Messungen bestätigt.“

Ein weiteres Zitat mag zusätzlich unterstützen, dass eine Schätzung der Unsicherheit der Beugungsrechnung von der DIN ISO 9613-2 selbst als erheblich unsicher betrachtet wird.

Zitat DIN ISO 9613-2, 7.4 Abschirmung, Seite 10, linke Spalte, Anmerkung 19

„Ein Schallschirm kann weniger wirksam sein als [...] berechnet, und zwar infolge von Reflexionen an anderen schallharten Oberflächen nahe dem Schallausbreitungsweg von der Quelle zum Aufpunkt oder durch Mehrfachreflexionen [...].“

Es muss noch einmal darauf hingewiesen werden, dass der Beugungsschall in vielen Bereichen der Nachbarschaft einer Schießanlage pegelbestimmend ist. Die Unsicherheiten des Beugungsschalls sind entscheidend.

3.6 Reflexionen

Die DIN ISO 9613-2 schreibt in ihrem Kapitel 7.5 vor, dass Reflexionen über Spiegelschallquellen zu betrachten sind. Sie lässt dem Anwender einen gewissen Spielraum zu entscheiden, welche Oberflächen reflektieren: Die Norm formuliert eine textliche Reflexionsbedingung, die im Sinne der oben angedeuteten Diskussion über Schallstrahlen mit signifikanter Erhöhung mit $\pm 20^\circ$ zur Senkrechten abgeschätzt werden kann.

Zitat DIN ISO 9613-2, 7.5 Reflexionen, Seite 10, linke Spalte, zweiter Satz

„Diese Reflexionen entstehen [...] an mehr oder weniger senkrechten Oberflächen, wie z. B. Gebäudefassaden [...].“

Sicher folgt daraus, dass die Reflexion an den Seitenwällen nicht zu berücksichtigen ist, weil ihr Schüttwinkel nicht mehr als senkrecht interpretierbar ist. In **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** ist aber gezeigt, dass Seitenwälle durch Seitenwände ersetzbar sind. Dann muss man diese Reflexionen berücksichtigen.

Die nächste Bedingung, die im ersten Spiegelstrich der Reflexionsbedingungen formuliert ist, wird für eine Schießanlage bei der Betrachtung der Sicherheitsblenden kompliziert. Eine Sicherheitsblende ist in der Regel ein massives Betonbauwerk, das zur Vermeidung von Abprallern verbrettert ist. Es reflektiert in diesem Bauzustand sicher so, dass es berücksichtigt werden muss. Auch wenn man die Blende mit einem Absorber belegt, bleibt der Reflexionsgrad

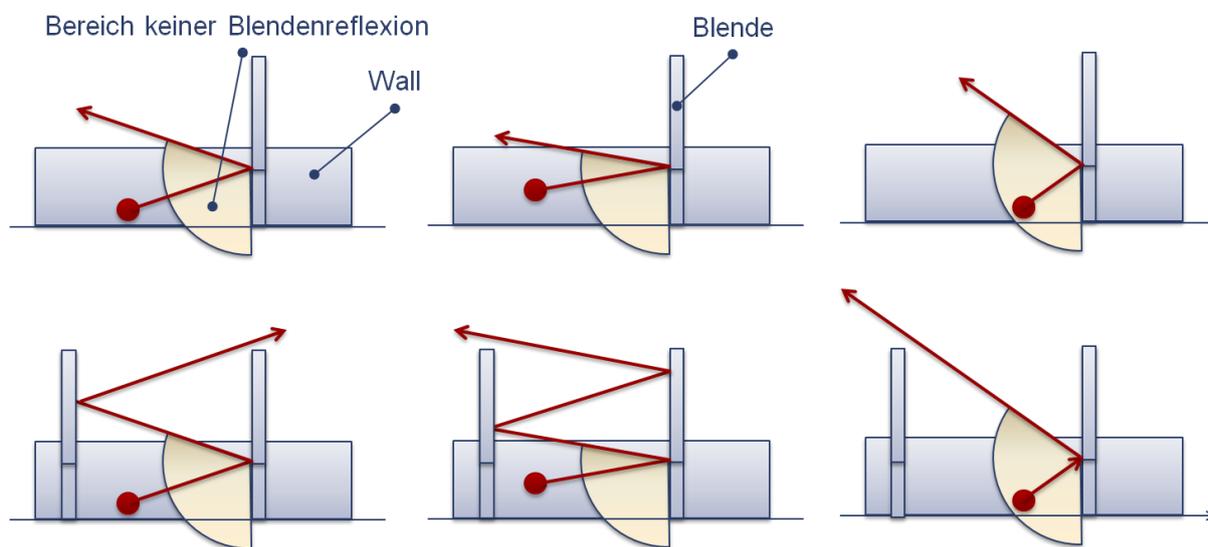
größer als 0,2. Nur mit sehr aufwendigen Aufbauten gelingt bei Schießgeräuschen wegen des Impedanzsprungs an der Absorberoberfläche eine stärkere Reflexionsminderung als 5 dB [16].

Zitat DIN ISO 9613-2, 7.5 Reflexionen, Seite 10, rechte Spalte, zweiter Absatz, erster und zweiter Spiegelstrich

- Es kann eine geometrische/spiegelnde Reflexion konstruiert werden [...].

- Der Betrag des Schallreflexionsgrades für die Oberfläche des Hindernisses ist größer als 0,2.“

Die Konstruktion der Spiegelschallflächen und ihre Notwendigkeit sind stark abhängig von der Lage und Höhe des Quellorts (Anschlag liegend, kniend oder stehend) relativ zu den Sicherheitsblenden. Sicherheitsblenden sind keine bis zur Schießstandsohle durchgehenden Wände und der Quellort liegt zwangsweise stets im Höhenbereich dieser Öffnung. Im strengen Sinne gibt es deshalb keine Reflexion.



*Abbildung 8: Zur Reflexion des Mündungsknall an Höhenblenden
Obere Reihe: Situationen an der Einzelblende
Untere Reihe: Schießen zwischen zwei Blenden*

Wenn der Anwender will, kann er aber die Bedingung „mehr oder weniger senkrecht“ einer reflektierenden Oberfläche (s. o.) nutzen, um zu entscheiden, ob im Einzelfall eine Blende reflektiert oder nicht. Abbildung 8 zeigt einige Fallbeispiel an einer bzw. zwei Blenden für die Blende in Schießrichtung. Es sollten alle Reflexionen berücksichtigt werden, die Schallstrahlerhöhen kleiner als 20° aufweisen. Dann wären beide Bedingungen aufeinander abgestimmt interpretiert. Es darf bezweifelt werden, ob das praktisch ist und ob das jemals so gemacht wurde.

Es muss an dieser Stelle wieder betont werden, dass wegen der starken Richtcharakteristik beispielsweise die Beugung des 5. Falles in Abbildung 8 im Rückraum des Schützen sicher zu höheren Pegeln führen wird als der ungeschirmte Direktschall. Die Vernachlässigung der

Dreifachreflexion führt in diesem Fall zum vollständigen Versagen einer begründeten Vorhersage.

3.7 Genauigkeit und Einschränkungen des Verfahrens

Für Schießgeräusche ist in Kapitel 9 zunächst eine Aussage wichtig. Die DIN ISO 9613 spricht bei einem Abstand von 1000 m von „Obergrenze“ ihres Teils 2. Es wurde belegt, dass dies eine wesentliche und grundsätzliche Einschränkung des Verfahrens ist, weil – wie oben gezeigt wurde – einige fundamentalen Näherungen in ihrem Ausbreitungsschema ihre Gültigkeit mit systematischen Auswirkungen verlieren. Diese Obergrenze zu ignorieren kann deshalb nicht allein die Konsequenz haben, statistische Unsicherheiten zu erhöhen. Es sind systematische Anpassungen erforderlich, um auch in einem technischen Modell grundsätzlich richtig zu bleiben.

Zitat DIN ISO 9613-2, 7.5 Reflexionen, Seite 12, rechte Spalte, zweiter Absatz

„Dieser Teil von ISO 9613 gibt in Tabelle 5 keine geschätzte Genauigkeit für Abstände d an, die die Obergrenze von 1000 m überschreiten.“

Grundlage der Unsicherheitsbetrachtungen sind die geschätzten Genauigkeiten in Tabelle 5 der DIN ISO 9613-2, auf deren Zitat hier verzichtet werden soll. Für die zweifellos bodennahen Schießgeräusche aus einer Schießanlage gilt nach der Tabelle 5 die Unsicherheit von ± 3 dB bis 1000 m Abstand.

Zitat DIN ISO 9613-2, 7.5 Reflexionen, Seite 12, Anmerkung zu Tabelle 5

„Diese Schätzungen [die Angaben zur Genauigkeit in Tabelle 5, Anm. d. Verf.] basieren auf Situationen, wo weder Reflexionen noch Abschirmungen auftreten.“

Diese geschätzte Genauigkeit gilt bei freier Schallausbreitung für den mittleren, A-bewerteten Dauerschallpegel für schallausbreitungsgünstige Witterungsbedingungen. Jeder Versuch, aus der jahrelangen Erfahrung mit der Vorausberechnung von Schießgeräuschen die hier aufgezeigten unpassenden Modellbildungen der DIN ISO 9613-2 für Schießgeräusche von Schießanlagen als Unsicherheiten quantitativ zu schätzen, grenzt an Hochmut [*Der Leser möge dieses emotionale Wortwahl im Rahmen einer sachlich geprägten Methodenkritik verzeihen. Anm. d. Verf.*]. Dennoch ist sie auch im Rahmen dieser Methodenkritik unerlässlich, weil auch eine gutachtliche Stellungnahme ohne eine solche Schätzung abwägungsfehlerhaft ist. Man könnte sogar behaupten, in dieser im Folgenden gewagten Abschätzung liegt die Quintessenz des Aufsatzes.

Die Unsicherheit für unzureichender Abbildung aller wichtigen Reflexionen kann auf ± 5 dB, die Unsicherheiten bei der Schirmrechnung in einem realen Schießstand günstigsten Falls

ebenfalls auf ± 5 dB und die systematische Unsicherheit bei der Schätzung des L_{AFmax} aus dem Mittelungspegel auf +5 dB geschätzt werden. Hinzu kommt bei Abständen von mehr als 1000 m noch eine zusätzliche Unsicherheit von ± 3 dB. Aus diesen zwar im Einzelfall aber nicht für den Regelfall begründbaren Schätzungen folgt eine Unsicherheit der Gesamtprognose von mindestens $-7,7 \text{ dB} = \sqrt{5^2 + 5^2 + 3^2} \text{ dB}$ bzw. $+9,2 \text{ dB} = \sqrt{5^2 + 5^2 + 5^2 + 3^2} \text{ dB}$. Prognosen im Bereich dieser Unsicherheit unterscheiden sich also nicht signifikant. Auch unabhängig von der Methodenkritik im Einzelnen ist diese Unsicherheit der eigentliche Nachweis der Nicht-Anwendbarkeit der Methoden der DIN ISO 9613-2 auf Schießgeräusche aus Schießanlagen. Eine Vorausberechnung der Zusatzbelastung mit einer solchen Unsicherheit kann nicht sachgerechte Grundlage der Entscheidungen in Genehmigungsverfahren sein.

4 Verweise

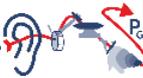
- [1] Vierte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über genehmigungsbedürftige Anlagen) – 4. BImSchV, in der Fassung der Bekanntmachung vom 14. März 1997 BGBl. I S. 504, zuletzt geändert durch Artikel 1 der Verordnung vom 20. Juni 2005, BGBl. I S. 1687
- [2] Sechste 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 Schießgeräuschen“. Berlin: Beuth-Verlag 1993
- [4] DIN ISO 9613-2: Dämpfung des Schalls bei der Ausbreitung im Freien. Teil 2: Allgemeines Berechnungsverfahren. Berlin: Beuth-Verlag, Oktober 1999
- [5] DIN 45687: Akustik — Software-Erzeugnisse zur Berechnung der Geräuschemission im Freien — Qualitätsanforderungen und Prüfbestimmungen. Berlin, Beuth-Verlag, Januar 2006
- [6] Hirsch, K.-W.: "Messung der Emissionsdaten von Mündungsknallen", Fortschrittsberichte des VDI, Schalltechnik '98, Veitshörsheim
- [7] DIN EN ISO 17201-1: Akustik — Geräusche von Schießplätzen — Teil 1 Messung der Quelldaten von Mündungsknallen, Beuth-Verlag, Berlin
- [8] DIN EN ISO 17201-2: Akustik — Geräusche von Schießplätzen — Teil 2 Schätzung der Quelldaten von Mündungsknallen (ISO/DIS 17201-2:2004)
- [9] DIN EN ISO 17201-3: Akustik — Geräusche von Schießplätzen — Teil 3 Richtlinie für die Ausbreitungsrechnung, Beuth-Verlag, Berlin
- [10] DIN EN ISO 17201-5: Akustik — Geräusche von Schießplätzen — Teil 5 Lärmmanagement, Beuth-Verlag, Berlin
- [11] „Ermittlung von Quell- und Ausbreitungsdaten und Immissionspegeln durch Messung auf Schießplätzen der Bundeswehr – Messvorschrift“, Bundesministerium der Verteidigung, 05.02.2012

- [12] Hirsch, K.-W.: "Aspekte eines technischen Schallausbreitungsmodells für große Entfernungen", Fortschritte der Akustik, DAGA'2006, DEGA e.V., Braunschweig
- [13] Harmonised Accurate and Reliable Methods for the EU - Directive on the Assessment and Management of Environmental Noise, WP 3: Engineering models, PROGRAMMING THE POINT-TO-POINT PROPAGATION MODEL, Centre Scientifique et Technique du Bâtiment, Département Acoustique et Eclairage, Document reference: HAR34TR-041124-CSTB01
- [14] Hirsch, K.-W.: „Zur Weiterentwicklung der VDI 3745, Blatt 2 „Prognose von Schießlärm“, Fortschritte der Akustik, DAGA 2000, DEGA e.V., Oldenburg
- [15] Zangers, J.; Hirsch, K.-W.: „Eine 3D-Ersatzschallquelle für komplexe Schießstände“, Fortschritte der Akustik, DAGA 2007, DEGA e.V., Stuttgart
- [16] Buchta, E.: „Erfolgreiche Lärminderungsmaßnahmen an Schießstandblenden“, Fortschritte der Akustik, DAGA 1998, DEGA e.V., Zürich

5 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.00.01 2018-10-03	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.10.0 2018-10-06	K

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