

Zusammengefasst werden extraaurale Wirkungen im Lehrbuch von *Seidel* [12] folgendermaßen: bei 100 dB treten psychische Wirkungen (Angstgefühle, Störeffekte) auf, ab 140 dB kann es zu Übelkeit, Erbrechen, Gleichgewichtsstörungen, Kopfschmerzen, Atembeschwerden, Müdigkeit, Benommenheit, Konzentrations- und Leistungsschwäche, Tinnitus und Nystagmus kommen, bei Pegeln über 170 dB können in der Lunge Alveolen zerreißen.

Zytotoxische und zytogenetische Wirkung

Siegmann et al. [13] untersuchten zytotoxische und zytogenetische Wirkungen des Infraschalls auf Zellen. Testzellen waren periphere menschliche Lymphozyten. Als Schallquelle diente der Infra-Puls-Generator des Fraunhofer ICT in Pfinztal.

Bei 30 und 120 s Beschallung in einer Entfernung von 3 m fand sich im Vergleich mit den Kontrollen eine vervierfachte Häufigkeit von Kondensationsfehlern. Als zytogenetische Wirkung war eine Verdopplung der Rate tetraploider Metaphasen (4n-Metaphasen) für 3 m bereits bei 30 s zu erkennen. Bei 120 s zeigten sich auch bei 6 und 12 m Entfernung Verdopplungen der 4n-Raten. Die Kontrollen wiesen keine Veränderungen der Tetraploidie-Rate auf.

Dipl.-Min. **Silvester Siegmann**,
M. sc. BSM,
Institut für Arbeitsmedizin und Sozial-
medizin, Heinrich-Heine-Universität,
Düsseldorf.

Trotz deutlicher mechanischer Einwirkungen der Schallquelle besonders auf die Lymphozytenkulturen in 3 und 6 m Entfernung konnten keine zytotoxischen Effekte nach den Kriterien des

Mitose-Index nachgewiesen werden. Eindeutig war in der Arbeit ein Zusammenhang zwischen der Infraschall-Exposition und der Rate tetraploider Metaphasen.

Literatur

- [1] *Lim, D. J.; Dunn, D. E.; Johnson, D. L.; Moore, T. J.*: Trauma of the ear from infrasound. *Acta Otolaryngol.* 94 (1982) Nr. 3-4, S. 213-231.
[2] *Karpova, N. I.; Alekseev, S. V.; Erokhin, V. N.; Kadyskina, E. N.; Reutov, O. V.*: Early response of the organism to low-frequency acoustical oscillations. *Noise Vibr. Bull.* 11 (1970), S. 100-103.
[3] *Taenaka, K.*: A study on the effect of infrasound (Japanisch). *Nippon-Jibinkoka-Gakkai-Kaiho* 92 (1989) Nr. 9, S. 1399-1415 (nur Abstract).
[4] *Slarve, R. N.; Johnson, D. L.*: Human whole-body exposure to infrasound. *Aviat-Space-Environ-Med* 46 (1975) Nr. 4, Sec 1, S. 428-431.
[5] *Mohr G. C.; Cole, J. N.; Guild, E.; von Gierke, H. E.*: Effects of low frequency and infrasonic noise on man. *Aerospace Medicine* 36 (1965) Nr. 9, S. 817-824.
[6] *Jerger, J.; Alford, B.; Coats, A.*: Effects of very low frequency tones on auditory threshold. *J. Speech Hearing Res.* 9 (1966), S. 150-160.
[7] *Schust, M.*: Biologische Wirkungen von vorwiegend luftgeleitetem Infraschall. Schriftenreihe der Bundesanstalt

- für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin. Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW 1997.
[8] *Evans, M. J.; Tempest, W.*: Some effects of infrasonic noise in transportation. *J. Sound Vibr.* 22 (1972) Nr. 1, S. 19-24.
[9] *Harris, C. S.; Johnson, D. L.*: Effects of infrasound of cognitive performance. *Aviation, Space Environm. Med.* 49 (1978), S. 582-586.
[10] *Ising, H.; Schwarze, C.*: Infraschallwirkungen auf den Menschen. *Zeitschrift für Lärmbekämpfung* 29 (1982), S. 79-82.
[11] *Danielsson, A.; Landström, U.*: Blood pressure changes in man during infrasonic exposure. *Acta Med Scand.* 217 (1985), S. 531-535.
[12] *Seidel, H.-J.; Bittinghofer, P. M.*: Checkliste Arbeits- und Betriebsmedizin. Stuttgart: Thieme 1997.
[13] *Siegmann, S.; Siegmund, K.; Borsch-Galetke, E.*: Zytotoxische und zytogenetische Wirkung von tieffrequentem Schall: Nachweis des Zusammenhangs zwischen Infraschall-Exposition und der Rate tetraploider Metaphasen. Vortrag A+A 2001, Tagungsband.

Schießlärm

Karl-Wilhelm Hirsch, Willich

Schießlärm ist eine Lärmart, die i. d. R. nicht im Fokus des Lärmschutzes steht. Im Vergleich zu dem allgegenwärtigen Verkehrs- und Gewerbelärm nehmen nur die Menschen „Schießlärm“ im eigentlichen Sinne wahr, die im Einwirkungsbereich von Schießanlagen und Schießplätzen leben. Im erweiterten Sinne gehören aber auch die tieffrequenten Knallgeräusche von Gewinnungssprengungen, Simulationen, Explosionen in Vorratssilos und Untersuchungen

zu Schlagwetterexplosionen zu dieser Lärmart.

Man unterscheidet zwischen jagdlichem und sportlichem Schießen auf der einen Seite und militärischem Schießen, das das Schießen von Polizei und Mitarbeitern von Justiz und der Spezialeinsatzkräfte einschließt, auf der anderen Seite. Im Hinblick auf die lärmakustische Behandlung von Schießgeräuschen gilt eine andere Unterscheidung: Bei Anlagen, auf denen ausschließlich mit „kleinen Waf-

fen“, Kalibern kleiner als 20 mm bzw. Sprengungen bis zu einer Sprengstoffmasse von 50 g TNT-Äquivalent, geschossen wird, gilt die TA Lärm mit der Richtlinie VDI 3745. Bei Anlagen, auf denen mit „großen Waffen“, Kalibern ab 20 mm geschossen bzw. Sprengladungen ab 50 g TNT-Äquivalent, gibt es kein geregeltes Beurteilungsverfahren. Für das Schießen und Sprengen auf den Schießplätzen der Bundeswehr (Truppen- bzw. Standortübungsplätze und die Erprobungsplätze) gilt die

„Richtlinie für das Lärmmanagement auf Schießplätzen (Lärmmanagementrichtlinie – LMR)“ des Bundesministeriums der Verteidigung.

Folgende Übersicht über die Akustik der Schießgeräusche und über Beurteilung von Schießlärm kann nur die Besonderheiten gegenüber alltäglichen Lärmarten aufzeigen und einige Aspekte diskutieren.

Akustik – Physik der Waffenknalle

Zu den Waffenknallen gehört:

- der Mündungsknall, der bei der Explosion der Treibgase bzw. beim Austritt dieser Gase aus dem Rohr entsteht,
- der Geschosknall, der von den mit Überschall fliegenden Geschossen und Raketen abgestrahlt wird und
- der Explosionsknall, der durch die Wirkladung im Zielgebiet verursacht wird (bei militärischem Schießen).

Die Physik einer Explosion in Luft kann in guter Näherung durch die Abstrahlung einer sich mit Überschallgeschwindigkeit ausdehnenden Kugel beschrieben werden: Diese Kugel strahlt gerade zu dem Zeitpunkt einen Impuls ab, in dem die Ausdehnungs- die Schallgeschwindigkeit unterschreitet. Mit diesem Webermodell lassen sich die Spektren von Mündungsknallen hinreichend zuverlässig verstehen, wenn man von der bei Rohrworten typischen starken Richtcharakteristik absieht. Trotz der sehr weitgehenden Vereinfachungen, ist die Übereinstimmung mit Messungen sehr gut. Der Radius der Weberkugel korreliert mit der umgesetzten Energie. Deshalb wachsen die Radien mit zunehmendem Einsatz von Treibladung und der spektrale Energieschwerpunkt verschiebt sich mit größer werdenden Radien zu tiefen Frequenzen. Der Energieschwerpunkt liegt bei kleinen Waffen im Bereich von 500 Hz, bei großen Waffen im Bereich von 100 Hz.

Auch der Geschosknall ist durch eine N-Welle hinreichend zuverlässig zu beschreiben und durch energetische Betrachtungen in seiner Quellstärke und Zeitkonstanten abzuschätzen (DIN ISO 17201-2).

Da es sich bei allen Schießgeräuschen um hochenergetische Schallimpulse handelt, ist die messtechnische Bestimmung der akustischen Quellenergie und der Richtcharakteristik der Quelle nicht trivial. Die DIN ISO 17201-1 enthält sachgerechte Vorschriften zur Messdurchführung und Auswertung. Die DIN ISO 17201-2 gibt Schätzverfahren für die Quellstärke und die Richtcharakteristik an.

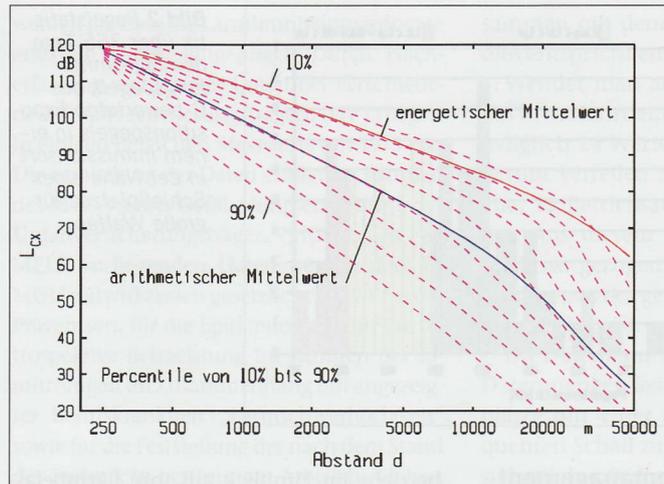


Bild 1 Perzentil-Nomogramm für den Einzelereignispegel einer 2-kg-Sprengung.

Schallausbreitung – unter besonderer Berücksichtigung hochenergetischer Waffenknalle

Wegen der hohen Quellenergie kann das Wohnumfeld bei Schießanlagen für kleine Waffen bis zu einer Entfernung von 2 km im Einwirkungsbereich der Anlagen liegen; bei Schießplätzen für große Waffen reicht dieser Bereich u. U. deutlich über 5 km hinaus. Die Schallausbreitung ist wegen dieser großen Entfernungen stark durch die Einflüsse der Topographie (z. B. Bodenbeschaffenheit, Gelände, Bewuchs, Bebauung), der Atmosphäre (z. B. Wind- und Temperaturfeld) und dem gerade herrschenden Wetter (z. B. Durchfeuchtung des Bodens, Schneehöhe) geprägt.

Die Spannweite der Einzelknallpegel ist so groß, dass eine Messung einer einzigen Schusserie für sich genommen für die Bestimmung eines Langzeitmittelungspegels nahezu aussagegelos ist. **Bild 1** zeigt das Feld der Perzentile für den Erwartungswert des Einzelknallpegels einer 2-kg-Sprengung. Grundlage dieses Nomogramms ist die Messung von ca. 2 800 Sprengungen über ca. drei Monate. Aus Bild 1 kann man beispielsweise entnehmen, dass in einem Abstand von 5 000 m das 50er Perzentil ca. 15 dB unterhalb des energetischen Langzeitmittelungspegels liegt.

Wirkung und Schutz – mit Betonung auf tiefe Frequenzen

Bei der Analyse der Wirkung von Waffenknallen sind zunächst einige besondere Aspekte zu beachten: Die spektralen Komponenten liegen bei großen Waffen in einem Frequenzbereich, in dem die Bauelemente ihrer unteren Eigenmoden mit guter Ankopplung an den Luftraum zeigen. Das gilt für Decken, Wände und Fenster gleichermaßen. Die Prognose des Schalldrucks in einem Raum gelingt ohne Schwingungsanalyse nicht mehr. Die

Größe eines Fensters und die Lagerung des Fensters beispielsweise spielen eine wesentliche Rolle bei der Ausbildung der Eigenresonanzen und bestimmen die Dämmung im tiefen Frequenzbereich. Da häufig die Geometrie zwischen Emissions- und Immissionsort fest vorgegeben ist, eröffnen sich Möglichkeiten für einen situationspezifischen baulichen Schallschutz gegen den Schießlärm.

Die durch tieffrequenten Schießlärm verursachten Belästigungen benötigen nicht unbedingt den Höreindruck; es kommen vermutlich weitere Empfindungen hinzu. In größeren Entfernungen sind z. B. die Knalle nicht hörbar, dennoch zeigen sie Wirkung. Sie bewegen Vorhänge, lassen Gläser im Schrank klirren und Rollläden klappern oder erzeugen Wellen auf dem Kaffee dann, wenn sich gerade günstige Schallausbreitungsbedingungen zwischen Quelle und Wohnhaus ausbilden. Dies kann verängstigen, wenn man die Ursachen nicht kennt.

Beurteilung

Betrachtet man die große Spannweite der Pegel im Freien und die Bandbreite der unterschiedlichen Wirkungen tieffrequenter Waffenknalle auf den Menschen und seine Umgebung, ist die Annahme, dass man bei Schießlärm die Belästigungsreaktion durch einen einzigen Parameter, z. B. den energetischen Langzeitmittelungspegel mit hoher Korrelation erklären kann – vorsichtig ausgedrückt – sehr ambitioniert. Dennoch geht der Stand der Wissenschaft nicht deutlich über diese Option hinaus. Das gilt letztlich nicht nur für Schießlärm, sondern auch für die populären Lärmarten. Mit der heutigen Messtechnik wäre es sachgerecht, mehr objektive Kriterien über die Schallpegelstatistik zu nutzen, um die Prognosesicherheit der Belästigungsreaktion signifikant zu erhöhen.

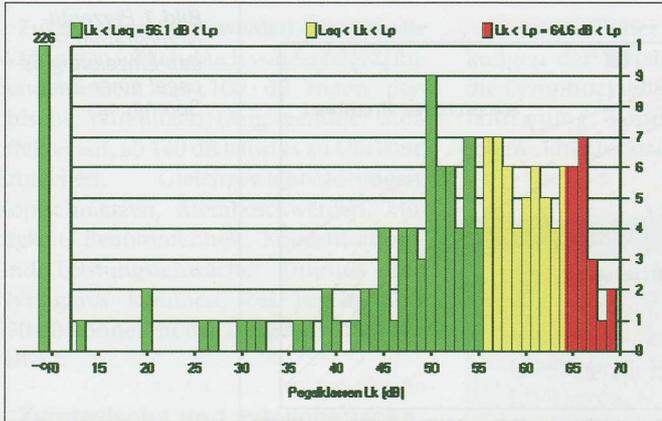


Bild 2 Pegelstatistik über 365 Tage des Tagesmittlungspegels des C-bewerteten Expositionspegels in einem Immissionsort in der Nähe eines Schießplatzes für große Waffen.

Kooperatives Lärmmanagement – Argumente für einen Regelkreis

Das Lärmmanagement der Bundeswehr für Schießplätze geht im Lichte der traditionellen Konzepte des Lärmschutzes außergewöhnliche Wege. Das Lärmmanagement verlässt sich nicht auf eine statische Genehmigung sondern definiert einen Regelkreis, der das Ziel hat, den täglichen Schießbetrieb durch organisatorische und schießtechnische Maßnahmen lärmarm zu gestalten. Dies gelingt durch den Eingriff in die tägliche Planung des Schießens. Mit der Management-Software WinLarm® kann der Planer Varianten des Schieß-

betriebs im Hinblick auf ihre Lärmbelastung prüfen und letztlich den Schießbetrieb so planen, dass eine militärisch sachgerechte Nutzung der Schießeinrichtungen erfolgt und in der gesamten Nachbarschaft, die durchaus 300 km² betragen kann, die Lärmkriterien eingehalten werden.

Eine Führungsgröße dieses Regelkreises ist z. B. das 5er Perzentil des äquivalenten Dauerschallpegels. Ihr Richtwert, hier 70 dB(C), muss also an 95% der Tage in jedem Ort der Nachbarschaft eingehalten werden. **Bild 2** zeigt eine typische Pegelstatistik für den Tagespegel für einen Immissionsort in der Nähe eines Schießplat-

zes. Das tatsächlich erreichte 5er Perzentil ist 64,6 dB(C) bei einem Jahresmittlungspegel von 56,1 dB(C).

Das Management sorgt nicht nur dafür, dass der Schießplatz so lärmarm wie möglich betrieben, sondern auch dafür, dass der Lärm – wenn man so will – gerecht in der Nachbarschaft verteilt wird.

Zusammenfassung

Schießlärm ist sowohl unter physikalisch-akustischen als auch unter lärmakustischen Gesichtspunkten ein Sonderfall. Dies gilt für die Beschreibung der Quellen, die hochenergetische tieffrequente und stark gerichtete Schallimpulse erzeugen. Das gilt für die Schallausbreitung, die wegen der großen Entfernungen stark durch die Einflüsse der Atmosphäre und der Topographie geprägt ist. Das gilt zuletzt auch für den Lärmschutz bei militärischen Schießplätzen, der besondere Wege gehen muss, um eine qualitativ hochwertige Schießausbildung sicherzustellen und gleichzeitig die Nachbarschaft nach dem Stand der Technik vor erheblichen Belastungen zu schützen.

Dr. Karl-Wilhelm Hirsch,
Cervus Consult, Willich.

Tieffrequenter Lärm am Arbeitsplatz

Reimer Paulsen, Sankt Augustin

Mit diesem Themenvorschlag konfrontiert, fällt dem Arbeitsschützer zunächst ein, dass das Vorkommen tiefer Frequenzen bei der Gehörschützerwahl zu berücksichtigen ist. Im zweiten Schritt folgt dann die Frage nach einer möglichen Identifizierung solcher Arbeitsbereiche aus vorhandenem Datenmaterial.

Ausgangspunkt der Fragestellung war die im Bereich der Umwelt immer wieder diskutierte Belastung durch tiefe Frequenzen.

In diesem Bereich wird tieffrequenter Lärm besonders dann beobachtet, wenn es nach allgemeinem Befinden eher ruhig ist. Im gebräuchlichen A-bewerteten Mittelungspegel wird man an solchen Orten dieses allgemeine Befinden durch den Messwert bestätigt finden. Um auch den durch tieffrequenten Lärm Betroffenen ge-

recht zu werden, kann zur Beurteilung die DIN 45680 „Messung und Bewertung tieffrequenter Geräuschimmissionen in der Nachbarschaft“ herangezogen werden. Als tieffrequenter Schall werden hier Immissionen mit vorherrschenden Energieanteilen im Frequenzbereich unter 90 Hz verstanden. Als ein Indiz für das Vorhandensein wird eine Differenz zwischen dem C- und dem A-bewerteten Schallpegel von über 20 dB angesehen.

Im Folgenden wird zunächst auf die Berücksichtigung tieffrequenten Schalls bei der Gehörschützerwahl eingegangen. Weiter wird die am Institut für Arbeitsschutz (IFA) der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung gepflegte Datenbank MELA vorgestellt, die die Möglichkeit zum Auffinden von Arbeitsbereichen mit tieffrequentem Lärm bieten kann.

Gehörschützerwahl

Insbesondere beim Schutz vor Arbeitslärm durch Gehörschützer ist das Vorkommen von tiefen Frequenzen zu berücksichtigen. Die Schalldämmung von Gehörschützern ist frequenzabhängig, sie wird zu niedrigeren Frequenzen hin geringer. Vor allem Kapselgehörschützer weisen hier konstruktionsbedingt schlechte Eigenschaften auf.

Die Auswahl von geeignetem Gehörschutz kann mit dem HML-Check (BGR/GUV-R 194) erfolgen. Dazu muss der A-bewertete Mittelungspegel bekannt sein. Nach dem Klangeindruck des vorherrschenden Geräusches wird dann zwischen zwei Geräuschklassen unterschieden: HM (High Medium) und L (Low). Dabei können Vergleichslisten typischer Geräuschquellen hinzugezogen werden, für eher tieffrequente Schallquellen werden u. a. genannt: Bagger, Erdbaumaschi-