

Belästigung durch Schießgeräusche

Dirk Schreckenber¹¹ ZEUS GmbH, 58093 Hagen, E-Mail: schreckenber@zeusgmbh.de

Einleitung

Schießgeräusche sind u.a. gekennzeichnet durch ihre hohe akustische Energie, Impulshaltigkeit, tiefen Frequenzen und ihr intermittierendes Auftreten [1]. Entsprechend zeigen Studien einen höheren Anteil durch Schießgeräusche belästigter Personen als z.B. - bei gleichem Mittelungspegel - durch Straßenverkehrslärm (u.a. [2]). Zur Belästigungswirkung von Schießgeräuschen gibt es vergleichsweise nur wenige Feldstudien. Ergebnisse entsprechender in Deutschland durchgeführter sozio- akustischer Feldstudien wurden in den 1980er und 1990er-Jahren veröffentlicht [2]-[4].

In diesem Beitrag werden, ausgehend von früheren Feldstudien zum Schießlärm aus den 1970er bis 1990er Jahren die "Zuschlagsphilosophie" bei der Definition von Beurteilungspegeln zur Beschreibung der Belästigung durch Schießgeräusche (im Folgenden auch verkürzend "Schießlärmbelästigung") in Relation zur Straßenverkehrslärmbelästigung und die damit aus Wirkungssicht verknüpften Probleme vorgestellt, Entwicklungen in der Erfassung der Lärmbelästigung seit den früheren Feldstudien zur Schießlärmbelästigung sowie zu Veränderungen in Expositions-Wirkungsbeziehungen über die Zeit dargelegt und die Rolle nicht-akustischer Faktoren beleuchtet.

Lärmbelästigung als psychische Stressreaktion

Guski und Kollegen [5] führten Ende der 1990er Jahre eine internationale Expertenbefragung zum Konzept der Lärmbelästigung (*annoyance*) durch. Zu kulturell unterschiedlich waren die verschiedenen von den Experten vorgelegten Konzepte, als dass sich wie angestrebt eine einheitliche Definition finden ließ. Aus den Experteninterviews ergab sich allerdings, dass drei Komponenten wesentlich für das Konzept "Lärmbelästigung" sind: (1) Das wiederholte Erlebnis von Störungen (z.B. von Ruhe, Kommunikation, Schlaf), verbunden mit (2) einer affektive Reaktion auf die Störungen bzw. das Geräusch selbst (Ärger, Wut, Angst, negative Einstellung) und (3) die ernüchternde Einsicht, nichts/kaum etwas dagegen tun zu können (Kontrollverlust). Dies macht deutlich, dass es bei der Beurteilung der "Lärmbelästigung" nicht um eine (reine) Geräuschbeurteilung geht, sondern vielmehr um eine Bewertung einer oder mehrerer Situationen von Betroffenen, in denen unerwünschte, störende Geräuschereignisse auftreten, die bewältigt werden wollen und mehr oder weniger gut bewältigt werden können. Die Lärmbelästigung weist damit Merkmale auf, die typisch für psychische Stressreaktionen sind, weswegen in Modellen zur Lärmbelästigung diese auch als Stressreaktion auf die Umweltbelastung (den Umweltstressor) "Lärm" konzeptualisiert wird [5].

Mit der Schießlärmbelästigung korrelierte akustische Kenngrößen

In Feldstudien zur Belästigung durch Schießgeräusche wurden international verschiedene akustische Kenngrößen identifiziert, die jeweils in den Untersuchungen die höchste Korrelation mit der Lärmbelästigung aufwiesen (Tabelle 1).

Tabelle 1: Mit der Schießlärmbelästigung korrelierte akustische Kenngrößen

Kenngröße	Korrelation	Quellenart	Autoren	Land
L_{AFmax}	.99 ^a	Civilian shooting ranges	[6]	SW E
L_{AE}, L_{peak}	.81/.95 ^a	Suburban rifle range	[7]	AUS
L_{Aeq}	.38 – .41	Schießplätze (militärisch + zivil)	[3]	DE
Jahres- L_{AE}	.20 – .29	Truppenübungsplätze (überwiegend kleinkalibrige Waffen)	[8]	CH
APL/AIL	.22	Military (artillery) range noise	[9]	AUS
L_{CDN}	.40	Military blast noise	[10]	USA
$L_{CF,max}$.66 – .70	Truppenübungsplätze (überwiegend großkalibrige Waffen)	[4]	DE
L_{CDN}	.31	Military blast noise	[11]	USA

AUS = Australien, CH = Schweiz, DE = Deutschland, SWE = Schweden, USA = Vereinigte Staaten von Amerika
^a Korrelationen auf aggregierter Datenebene

Tabelle 1 zeigt, dass die Lärmbelästigung bei Schießgeräuschen kleinkalibriger Waffen insbesondere mit A-bewerteten und bei Schießgeräuschen großkalibriger Waffen aufgrund des höheren Anteils tieffrequenter Geräuschanteile vor allem mit C-bewerteten Schalldruckpegeln korreliert. Diese unterschiedlichen Frequenzbewertungen wurden entsprechend bei Beurteilungspegeln zu Schießgeräuschen, u.a. in der ISO 1996-1 [12], aufgegriffen.

Beurteilungspegel zur Beschreibung der Schießlärmbelästigung

Dabei erfolgt die Definition von Beurteilungspegeln zur Beschreibung der Schießlärmbelästigung so, dass die Belästigung durch Straßenverkehrslärm als Referenz herangezogen wird und durch Zuschläge bzw. bei C-Gewichtung Abschläge ein Beurteilungspegel für Schießgeräusche ermittelt wird, der zur gleichen Belästigung führt wie im Falle der Straßenverkehrslärmbelästigung der A-bewertete Beurteilungspegel für Straßenverkehrsgeräusche. Die Höhe des Zu-/Abschlags wird durch Vergleich von Expositions-Wirkungsfunktionen zur Belästigung durch Schieß- und Straßenverkehrsgeräusche ermittelt. Vos verglich in seinem Review zur Belästigung durch Schießgeräusche kleinkalibriger Waffen

den Prozentanteil durch Schießgeräusche hoch belastigter Personen (%HA, % *highly annoyed*) aus verschiedenen Feldstudien, mit der "Schultz-Kurve" zum %HA durch Verkehrslärm [15] und ermittelte den Zuschlag zur Beschreibung der Belästigung durch Schießgeräusche. Weiterhin berücksichtigte er Feld- und Laborstudien, die einen direkten Vergleich innerhalb der gleichen Stichprobe erlaubten, da sowohl die Belästigung durch Schieß- als auch Strassenverkehrslärm erhoben wurde. Zusammenfassend schlug Vos als durchschnittlichen Zuschlag für den Beurteilungspegel von Schießgeräuschen im A-bewerteten L_{eq} einen Wert in Höhe von 12 dB vor. Dieser Zuschlagswert findet sich auch in der ISO 1996-1 [12] für Schießgeräusche durch kleinkalibrige Waffen (Kaliber < 20 mm).

Für hochenergetische Impulsgeräusche wie Schießgeräusche großkalibriger Waffen definiert die ISO 1996-1 neben der Verwendung des C-bewerteten Schallleistungspegels L_{EC} für einzelne Geräusche verschiedene alternative Beurteilungsmethoden (Annex B3, B4):

- (1) Beurteilungspegel auf Basis des L_{EC} mit pegelabhängiger Korrektur gem. eines Vorschlags von Schomer [17] für hochenergetische Einzelgeräusche mit $L_{EC} > 70$ dB (Annex B3).
- (2) Beurteilungspegel mit Berücksichtigung der Differenz des C- und A-bewerteten Schalldruckpegels zur Kennzeichnung der Impulshaltigkeit zusätzlich zur Korrektur in Referenz zur Straßenverkehrslärmelast (Annex B4). Die Gleichungen im Annex B4 basieren einerseits auf einer Studie von Buchta, (1996, [18]) und andererseits auf einer Untersuchung von Vos (2001, [19]).

Abgesehen davon, dass diese verschiedenen Beurteilungsmethoden zu unterschiedlichen Ergebnissen führen, ergeben sich aus Wirkungssicht bei dieser "Zuschlagsphilosophie" folgende Probleme:

- Die Differenz zw. Belästigungskurven zu Schieß- und Straßenverkehrslärm ist definitions- und situationsabhängig. Je nachdem, ob z.B. hoch oder mittel bis hoch belastigte Personen berücksichtigt werden, ergeben sich unterschiedliche Differenzen zwischen der Schieß- und Straßenverkehrslärmelast. Weiterhin fallen die Belästigungsdifferenzen je nach Windrichtung (Mit- vs. Gegenwind) unterschiedlich aus [2].
- In Schieß- und Straßenverkehrslärm vergleichenden Studien ist nicht immer eindeutig dargelegt, ob als Referenz für die Zuschlagsermittlung die Straßenverkehrs- oder Verkehrslärmelast insgesamt (z.B. die auf Straßen-, Schienen- und Luftverkehrslärm bezogene "Schultz-Kurve") betrachtet wurde (vgl. [13]). Damit verbunden ist das Problem, dass zwischen Verkehrsarten Belästigungsunterschiede bestehen [14][15], so dass die Belästigung durch Verkehrslärm insgesamt nicht mit der durch Straßenverkehrslärm gleich gesetzt werden kann.
- Die Grundannahme, dass bei Straßenverkehrs- und Schießgeräuschen das Belästigungsempfinden eine vergleichbare akustische Ursache hat, kann bezweifelt werden.

- Die Gleichungen in ISO 1996-1, Annex B3 und B4 gehen von zeit- und ortsinvarianter Belästigungs-Wirkungsbeziehungen beim Schießlärm und bei der Referenz (Straßenverkehrslärm) aus – diese Invarianz ist nicht zwangsläufig gegeben, wie am Beispiel von Fluglärm weiter unten noch gezeigt wird.

Entwicklung in der Belästigungserfassung seit den früheren Schießlärmelast-Studien

Bis zum Jahr 2001 wurde die Lärmelast international auf verschiedene Weise erhoben: Mit Einzelfragen oder einem Score aus mehreren Fragen, mit Antwortskalen, die eine unterschiedliche Zahl von Stufen beinhalten und mit unterschiedlichen Begriffen (Belästigung, Gestörtheit, *annoyance*, *dissatisfaction*, *affectedness*, *general reaction*, usw.). Diese unterschiedlichen Konzepte beziehen sich auf verschiedene Lärmarten, darunter Verkehrslärm aber eben auch Schießlärm. Daraus ergibt sich eine mangelnde Vergleichbarkeit der Studienergebnisse, was wiederum die Interpretation von Ergebnissen von Meta-Analysen (u.a. [14]-[16]) erschwert. Miedema & Vos [14] versuchten dies in ihren Meta-Analysen mathematisch zu lösen, indem sie die verschiedenen Antwortformate auf eine 100-Punkte-Skala transformierten und für die Definition von *highly annoyed* einen cut-off-Wert von 72 der 100-Punkte-Skala festsetzten. Das löste allerdings nicht das Problem der mangelnden semantischen und psychometrischen Vergleichbarkeit der Belästigungserfassung in den Originalarbeiten. Die International Commission on the Biological Effects of Noise (ICBEN) veröffentlichte im Jahr 2001 Empfehlungen zur Erfassung der Lärmelast [20] und schlug für Feldstudien die Verwendung von zwei Belästigungsskalen vor: Eine numerische 11-stufige Skala (0 -10) und eine 5-stufige Verbalskala mit als annähernd gleichabständig identifizierten Abstufungen (im Deutschen: "überhaupt nicht...", "etwas...", "mittelmäßig...", "stark...", "äußerst gestört oder belastigt"). Für die Definition von *highly annoyed* (hoch belastigt) sollten die Antwortstufen 4 ("stark") und 5 ("äußerst") der Verbalskala verwendet werden. Mit diesen Empfehlungen konnte eine deutliche Verbesserung in der Vergleichbarkeit von internationalen Studienergebnissen zur Lärmelast erzielt werden. In der Forschungspraxis werden allerdings weiterhin verschiedene Definitionen (cut-off-Werte) für die Einstufung als *highly annoyed* (HA) verwendet: Studien, in denen die Stufen 8 bis 10 der 11-stufigen ICBEN-Skala für die HA-Einstufung benutzt werden, schliessen damit an die Definition von Miedema und Kollegen an und können ihre Ergebnisse mit deren Meta-Analysen ([14][15]) vergleichen (cut-off für HA = 72). Folgen Autoren in Feldstudien der ICBEN-Definition von HA (cut-off für HA = 60), können die Ergebnisse nicht direkt mit vorliegenden Meta-Analysen verglichen werden. Welche Konsequenz sich ergibt, wenn beide HA-Definitionen verwendet werden, ergibt sich zum Beispiel aus der Schweizer Untersuchung zur Belästigung durch Schießlärm von Brink & Wunderli (2010, [8]). Abbildung 1 zeigt, dass je nach verwendeter HA-Definition ein $L_{AE} = 110$ dB oder ein L_{AE} von 118 dB zu einem %HA-Anteil von 25% führen.

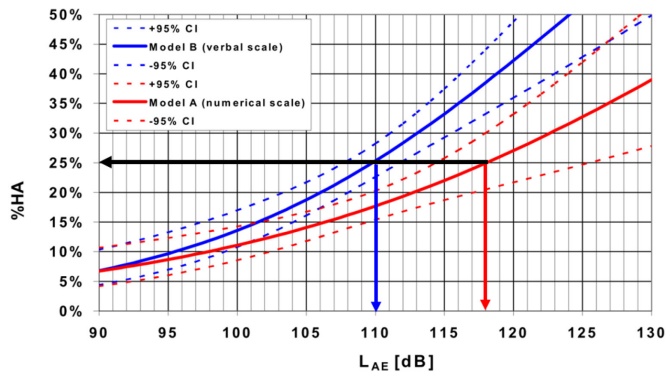


Abbildung 1: Ergebnisse aus [8] zum %HA (% highly annoyed) durch Schießgeräusche bezogen auf den Jahres- L_{AE} . Rot = %HA-Kurve anhand der 11-stufigen Belästigungsskala (Stufen 8-11, cut-off = 72). Blau: %HA-Kurve anhand 5-stufiger Belästigungsskala (Stufen 4, 5, cut-off = 60). Durch Pfeillinien hervorgehoben sind die L_{AE} -Werte bei einem HA-Anteil von 25%. Abbildung aus

Zeitliche Trends in der Lärmbelastigung

Dass Expositions-Wirkungskurven zur Lärmbelastigung über die Zeit einer Veränderung ausgesetzt sein können, zeigt sich u.a. am Beispiel der Fluglärmbelastigung. Nach der Expositions-Wirkungsfunktion von [15], ermittelt aus Originalstudien von 1967 bis 1993 sind 25% der betroffenen Bevölkerung bei einem L_{den} von 64 dB hoch belästigt. Nach einer aktuelleren Meta-Analyse von Studien aus den Jahren 2001 bis 2011[22] liegt der 25%-HA-Anteil bei $L_{den} = 54$ dB. Inwieweit auch bei Schießgeräuschen entsprechende zeitliche Veränderungen in der Belästigung vorliegen, ist derzeit noch unklar.

Alternative, ergänzende akustische Kennwerte

Nicht zuletzt durch die Veränderung in der Fluglärmbelastigung über die Zeit, aber auch aufgrund von Veränderungen in den Untersuchungsmethoden zur Lärmbelastigung (z.B. physiologische Untersuchung von Aufwachreaktionen bezogen auf den Maximalpegel und Ereignishäufigkeit anstelle von Befragungen zu lärminduzierten Schlafstörungen bezogen auf den Dauerschallpegel) und daraus resultierende Veränderungen in der Lästigkeitsreihenfolge von Lärmquellen (Güterzuggeräusche verursachen eine höhere Wahrscheinlichkeit zusätzlicher lärminduzierter Aufwachreaktionen als Flug- und Personenzuggeräusche [23]) haben in jüngerer Zeit erneut die Frage aufkommen lassen, inwieweit ein Mittelungspegel allein als Expositionsmaß für Lärmbelastigungen, darunter die Lärmbelastigung, noch adäquat ist. So ist im Fluglärmbelastigungsgesetz für die Nachtzeit neben dem Dauerschallpegel ein Maximalpegelkriterium $6 * 53$ dB (57 dB) L_{Amax} für neue (bestehende) Flugplätze eingeführt worden, für Schienenverkehrslärm wird dies aktuell (Jahr 2017) diskutiert; auch bei Schießlärm wurde in Schweden und in den USA ein NAT-Kriterium untersucht [11][24]. Weiterhin ist bekannt, dass die Lärmbelastigung bei gleichem L_{pAeq} in Abhängigkeit von z.B. psycho-akustischen Merkmalen (Tonalität, Rauigkeit, Schärfe, ...), Pausenstruktur, Geräuschkdauer, Emergenz (Differenz zum Hintergrundpegel) unterschiedlich ausfallen kann. Dass Mittelungs-/Beurteilungspegel wie der CDNL die Lärmbelastigung nicht adäquat beschreiben, wird in Bezug auf Schießlärm seit längerem diskutiert [1]. Entspre-

chend wäre auch für Schießgeräusche erneut zu prüfen, welche akustischen Kennwerte sich als Expositionsmaß im Rahmen von Expositions-Wirkungsfunktionen zur Lärmbelastigung besser als ein Langzeit-Mittelungspegel eignen.

Nicht-akustische Faktoren

Seit langem ist bekannt, dass neben akustischen Maßen auch nicht-akustische Faktoren mit der Lärmbelastigung assoziiert sind (u.a. [25]). Bei Schießlärm kristallisieren sich übereinstimmend in verschiedenen Studien vor allem die individuelle Lärmempfindlichkeit sowie die Einstellung zur Lärmquelle oder zum Verursacher als wesentlich mit der Belästigung assoziiert heraus [2][3][7][8][9]. Weiterhin spielen Tages- und Wochenzeiten und die Fensterstellung eine wesentliche Rolle [25]. Sensitivitätsanalysen von NORAH-Daten zeigen etwa, dass bei der Fluglärmbelastigung eine Verbesserung des Vertrauens in Verantwortliche um eine von fünf Bewertungsstufen mit einer Reduktion im %HA-Anteil um ca. 23-24% einhergeht, wobei Reduktionseffekte im niedrigeren bis mittleren Pegelbereich (z.B. ca. 45 - 50 dB im $L_{pAeq,24h}$) höher ausfallen, als in höheren Pegelbereichen. Bei der wahrgenommenen prozeduralen Fairness liegt der Effekt bei ca. 15% HA-Reduktion bei Verbesserung der Fairnesswahrnehmung um eine von fünf Bewertungsstufen [26].

Ausblick

In diesem Beitrag wurde dargelegt, dass Expositions-Wirkungsbeziehungen zur Lärmbelastigung nicht statisch sind. Eine Konsequenz daraus ist, dass Beurteilungspegel für Schießgeräusche zur Beschreibung der Schießlärmbelastigung, die auf Vergleiche mit der Straßenverkehrslärmbelastigung beruhen, keinen Anspruch auf immerwährende Allgemeingültigkeit haben. Während in den letzten Jahren Expositions-Wirkungsfunktionen zur Verkehrslärmbelastigung Aktualisierungen erfahren haben, steht eine solche Aktualisierung bei Schießgeräuschen noch aus, wobei aufgrund der unterschiedlichen Belästigungswirkung eine Differenzierung nach Kalibern erforderlich erscheint. Zudem ist dabei zu prüfen, ob andere akustische Kenngrößen anstelle oder in Ergänzung zu Langzeit-Schallexpositions- oder Mittelungspegeln (CDNL, L_{EC} , L_{EA} , L_{pAeq}) die Lärmbelastigung adäquater vorhersagen können. Aus Wirkungssicht ist ein Expositionsmaß, das quellenspezifisch zugeschnitten ist und mit der Lärmbelastigung gut korreliert einem Beurteilungsmaß, das durch Zu-/Abschlag trotz unterschiedlicher Geräuschcharakteristiken und Entwicklungen im Aufkommen in Relation zur Belästigung durch eine andere Lärmquellenart gesetzt wird, vorzuziehen. Nicht-akustische Faktoren spielen nicht nur für das Verständnis der Lärmbelastigung eine wesentliche Rolle, sondern sie können dies auch in Ergänzung und begleitend zu akustischen, operativen Schallschutzmaßnahmen tun, wenn die Erkenntnisse über den Zusammenhang zwischen Lärmbelastigung und nicht-akustischen Faktoren im Rahmen eines Lärmmanagements gezielt genutzt werden. Es spricht viel dafür, dass das bei der Bundeswehr eingeführte Lärmmanagement [27] wesentliche nicht-akustische und mit der Belästigung zusammenhängende Faktoren anspricht. Welchen Einfluss das Lärmmanagement auf das Belästigungserleben der betroffenen Bevölkerung

tatsächlich hat, ist derzeit nicht bekannt, aber es wäre im Sinne des Schutzes vor unerwünschten Lärmwirkungen lohnenswert, dies zu evaluieren.

Literatur

- [1] Nykaza, E.T., Luz, G.A., Pater, L.L.: Field research on the assessment of community impacts from large weapons noise. In B. Griefahn (Ed.), Proceedings of the 9th International Congress on Noise as a Public Health Problem (ICBEN) 2008, Foxwoods, CT (2008), 537-541.
- [2] Buchta, E., Vos, J.: A field survey on the annoyance caused by sounds from large firearms and road traffic. *Journal of the Acoustical Society of America* 104 (1998), 2890-2902
- [3] Buchta, E., Buchta, C., Koslowsky, L., Rohland, P.: Lästigkeit von Schießlärm. Forschungsbericht 82-10501 314. Texte des Umweltbundesamtes (Hrsg.) 11/83, Berlin, 1983.
- [4] Buchta, E., Buchta, C., Loosen, W.: Lärmbelästigung in der Umgebung von Truppenübungsplätzen. Forschungsbericht 82-10501314/02 im Auftrag des Umweltbundesamtes (Hrsg.) 11/83, Berlin, 1986.
- [5] Guski, R. Felscher-Suhr, U., Schuemer, R.: The concept of noise annoyance: How international experts see it. *Journal of Sound and Vibration* 223 (1999), 513-527
- [6] Sörensen, S., Magnussion, J.: Annoyance caused by noise from shooting ranges. *Journal of Sound and Vibration* 62 (1979), 437-442.
- [7] Hede, A.J., Bullen, R.B.: Community reaction to noise from a suburban rifle range. *Journal of Sound and Vibration* 82 (1982), 39-49
- [8] Brink M., Wunderli, J.-M.: A field study of the exposure-annoyance relationship of military shooting noise. *Journal of the Acoustical Society of America* 127 (2010), 2301-2311
- [9] Bullen, R.B., Hede, A.J., Job, R.F.S.: Community Reaction to Noise from an Artillery Range. *Noise Contr. Eng. J.* 37 (1991), 115-128.
- [10] Schomer, P.D., Neathammer, R.D.: Community reaction to impulsive noise: A final 10-year research summary. Technical report CERL TR N-167 (revised) of the US Army Corps of Engineers. National Technical Information Service, Springfield, VA, 1985.
- [11] Nykaza, E.T., Valente, D., Swift, S.H., Danielson, B., Kreckler, P., Hodgdon, K., Gaugler, T.: An investigation of community attitudes toward blast noise: General community survey, study site 1. Report ERDC/CERL TR-12-9 of the US Army Corps of Engineers, Washington, DC, 2012.
- [12] ISO 1996-1:2016-03: Acoustics - Description, measurement and assessment of environmental noise - Part 1: Basic quantities and assessment procedures. Beuth, Berlin, 1996.
- [13] Vos, J.: A review of research on the annoyance caused by impulse sounds produced by small firearms. Proceedings of Inter-Noise 1995, Newport Beach, CA, USA, 875-878
- [14] Miedema, H.M.E., Vos, H. Exposure-response relationships for transportation noise. *Journal of the Acoustical Society of America*, 104 (1998), 3432-3445
- [15] Miedema, H. M. E. & Oudshoorn, C. G. M.: Annoyance from transportation noise: relationships with exposure metrics DNL and DENL and their confidence intervals. *Environmental Health Perspectives*, 2001, 109, 409-416
- [16] Schultz, T. J.: Synthesis of social surveys on noise annoyance. *Journal of the Acoustical Society of America* 64 (1978), 377-405.
- [17] Schomer, P.D.: New descriptor for high-energy impulsive sounds. *Noise Contr. Eng. J.* 42 (1994), 179-191
- [18] Buchta, E.: Annoyance caused by shooting noise – determination of the penalty for various weapon calibers. Proceedings of Inter-Noise 1996, 52, p1-p6
- [19] Vos, J.: On the annoyance caused by impulse sounds produced by small, medium-large, and large firearms. *Journal of the Acoustical Society of America* 109 (2001), 244-253
- [20] Fields, J.M., DeJong, R.G., Gjestland, T., Flindell, I.H., Job, R.F., Kurra, S., et al.: Standardized general-purpose noise reaction questions for community noise surveys: Research and a recommendation. *Journal of Sound and Vibration* 242 (2001), 641-79
- [21] Eidgenössische Kommission für Lärmbekämpfung: Belastungsgrenzwerte für den Lärm von militärischen Waffen-, Schiess- und Übungsplätzen. URL: http://www.eklb.admin.ch/fileadmin/eklb-dateien/dokumentation/2009.11.04_d-Bericht_EKLB_Militaerlaerm.pdf
- [22] Guski, R., Schreckenberger, D., Schuemer, R.: The WHO evidence review on noise annoyance 2000-2014. Proceedings of Inter-Noise 2016, 2564-2570. URL: <http://pub.dega-akustik.de/IN2016/data/articles/000036.pdf>
- [23] Elmenhorst, E.-M., Pennig, S., Rolnly, V., Quehl, J., Mueller, U., Maaß, H., Basner, M.: Examining nocturnal railway noise and aircraft noise in the field: Sleep, psychomotor performance, and annoyance. *Science of the Total Environment* 424 (2012), 48-56
- [24] Rylander, R., Lundquist, B.: Annoyance caused by noise from heavy weapon shooting ranges. *Journal of Sound and Vibration* 192 (1996), 199-206
- [25] Vos, J.: On the relevance of nonacoustic factors influencing the annoyance caused by environmental sounds – a literature study. Proceedings of Inter-Noise, 2010.
- [26] Schreckenberger, D., Benz, S., Conrady, M., Felscher-Suhr, U.: Attitudes towards authorities and aircraft noise annoyance. Proceedings of 12th ICBEN Congress on Noise as a Public Health Problem, 18. – 22.06.2017, Zürich, in print.
- [27] Hirsch, K.-W., Vogelsang, B.: Kooperatives Lärmmanagement – Ein Verfahren zur Optimierung des Immissionssschutzes. *Lärmbekämpfung* 3, (2008), 7-15