

Tieffrequente Immissionen im Freizeitlärm – Wie gehen wir damit um?

Benjamin Bernschütz¹ und Jörn Latz²

¹ Technische Hochschule Mittelhessen (THM), Fachbereich Management und Kommunikation,
Eventmanagement und -technik, Gießen, E-Mail: benjamin.bernschuetz@muk.thm.de

² Kramer Schalltechnik GmbH, Fachbereich Freizeitlärm, Sankt Augustin, E-Mail: j.latz@kramer-schalltechnik.de

Einleitung

Musik wird oft nicht schön empfunden, weil sie stets mit Geräusch verbunden – erkannte schon Wilhelm Busch. Konzerte und Events bilden jedoch heutzutage einen wichtigen Wirtschaftsfaktor der Musikindustrie und des Freizeitsektors und sie werden zunehmend auch als Werkzeug modernen Marketings eingesetzt. Die Anzahl an Veranstaltungen nimmt zu. Insbesondere auch Open Air Veranstaltungen erfreuen sich großer Beliebtheit bei Veranstaltern und Publikum.

Die von elektroakustischer Beschallungstechnik ausgehenden Emissionen sind vor allem bei Open Air Veranstaltungen nicht vollständig auf die zu beschallende Fläche abgrenzbar. Somit kommt es in umliegenden schutzbedürftigen Nutzungen mitunter zu unerwünschten Immissionen, die eine Belastung für die Anwohnerschaft darstellen können.

Im tieffrequenten Bereich treffen hier gleich mehrere ungünstige Faktoren zusammen:

- Tieffrequenter Schall wird bei Musikdarbietung auf Bühnen mit besonders hohen Schalleistungen abgestrahlt, vgl. z.B. [1].
- In den letzten Jahren gibt es eine deutliche Tendenz zu mehr Bassanteilen in der Musikmischung und zu einer Verschiebung der Hauptanteile des Bassbereichs zu tieferen Frequenzbändern, vgl. z.B. [1].
- Beschallungsanlagen strahlen tiefe Frequenzen nativ zunächst omnidirektional ab und somit sind radial um die Bühne herum alle umliegenden Anwohner betroffen. Dieses Verhalten kann durch Arraybildung oder integrierte Cardioid-Systeme aktueller Beschallungssysteme deutlich optimiert werden. Zumindest jedoch in der Hauptabstrahlrichtung und in Richtung physikalisch bedingter Nebenkeulen eines Arrays bleibt der Bassbereich problematisch.
- Tieffrequenter Schall unterliegt nur geringer Dissipation und kann sich daher vergleichsweise weitläufig entsprechend des Abstandsgesetzes ausbreiten.
- Durch die großen Wellenlängen beugt sich tieffrequenter Schall gut um Hindernisse (Wände, Gebäude, u.s.w.)
- Tieffrequenter Schall wird durch den Baukörper der schutzbedürftigen Nutzung im Vergleich zu höherfrequentem Schall in der Regel weniger gut gedämmt und propagiert damit besonders stark in den Innenraum. Zusätzlich entsteht hier ein Tiefpassfiltereffekt, der den tieffrequenten Schall durch

die Absenz höherer Frequenzanteile im Innenraum perceptiv noch deutlicher in den Vordergrund stellen kann.

- Im Innenraum der schutzbedürftigen Nutzung wird sich bei üblichen Wohnraumgrößen kein diffuses Schallfeld einstellen, sodass modale raumakustische Eigenschaften überwiegen, die lokal einen verstärkenden Effekt der Immissionsanteile im Innenraum hervorrufen.

Unterhalb von ca. 25 Hz bis 30 Hz sind die Beiträge durch elektroakustische Beschallung zu vernachlässigen, da tiefere Frequenzen von üblichen Beschallungsanlagen nach aktuellem Stand der Technik bedingt durch die Abstimmung und Konstruktion der Lautsprecher, sowie durch schützende elektronische Hochpassfilter, regulär nicht reproduziert werden, vgl. auch beispielsweise Abbildung 1. Es existieren vereinzelt spezielle Subwoofer, die gezielt den Frequenzbereich unterhalb von 30 Hz reproduzieren – jedoch stellen diese Systeme eine Ausnahme dar und werden eher nur kurzzeitig zu Effektzwecken eingesetzt. Entsprechend kann der beurteilungsrelevante tieffrequente Bereich im Freizeitlärm auf ein Band von ca. 25 Hz bis 100 Hz (125 Hz) eingegrenzt werden. Maßgeblicher Übertragungsweg vom Emittenten zum Immissionsort ist in aller Regel der Luftschall.

Besonderheit im Freizeitlärm

Es gibt im Freizeitlärm einen grundlegenden Unterschied zu allen anderen Lärmarten. Während z.B. bei Industrie- und Gewerbelärm, im Verkehrslärm oder der Windenergie die emittierten Geräusche überall als störend empfunden werden, sind im Freizeitlärm die Emissionen im Publikumsbereich zentraler Gegenstand des Geschehens. Sie werden gezielt herbeigeführt und gewünscht. Dabei muss im Publikumsbereich sowohl ein gewisser Mindestversorgungspegel (min. 10 dB über dem Publikumsgeräuschpegel) sichergestellt werden sowie auch eine ganz bestimmte spektrale Zusammensetzung gewährleistet sein, damit eine veranstaltungstypische Beschallung des Publikums erfolgen kann.

Grundsätzlich wäre es durch den Einsatz von Equalizern technisch sehr einfach, den tieffrequenten Bereich (Bass) abzusenken. Dies widerspricht aber dem Charakter einer Veranstaltungsbeschallung, da hier eine bestimmte spektrale Zusammensetzung unabdingbar ist. Eine Minderung durch ein einfaches Absenken des Bassbereichs ist daher in der Praxis nicht möglich. Hier müssen zur Optimierung der Situation jeweils Bassarrays, große Lärmschutzwände um den Publikumsbereich oder ggf.

auch neuere Ansätze im Bereich Active Noise Cancelling eingesetzt werden. Dies erfordert eine enge Abstimmung zwischen Behörden, schalltechnischen Sachverständigen und Technikdienstleitern.

Regelwerkslage in Deutschland

Freizeitlärm wird in Deutschland mittels länderspezifischer, aus der Freizeitlärmrichtlinie LAI [2] abgeleiteter, Freizeitlärmerrlasse reguliert, die jeweils auf der bundesweit gültigen Verwaltungsvorschrift TA Lärm [3] aufsetzen und einige abweichende Spezifika für den Freizeitlärm beinhalten. Die TA Lärm ist direkt im Bundesimmissionsschutzgesetz [4] verankert. Eine Europäische Harmonisierung der Regelwerkslage ist aktuell noch nicht erfolgt. Tieffrequente Immissionen sind in den Freizeitlärmerrlassen nicht explizit adressiert, wodurch deren Regulierung auf die Verwaltungsvorschrift TA Lärm zurückfällt. Darin wird wiederum für tieffrequente Immissionen auf die DIN 45680 [5] verwiesen, die ein Mess- und Beurteilungsverfahren, sowie auch explizite Anhaltswerte für tieffrequente Immissionen bereitstellt. Kurzum ist nach Regelwerkslage formal die DIN 45680 für die Messung und Beurteilung von Immissionen im Freizeitlärm heranzuziehen und es sind die dort verankerten Anhaltswerte einzuhalten. Die DIN 45680 befindet sich seit geraumer Zeit in Überarbeitung [6]. Derweil ist weiterhin die DIN 45680 aus dem Jahr 1997 anzuwenden.

DIN 45680 im Freizeitlärm

Die TA Lärm sowie auch die DIN 45680 wurden im Wesentlichen für die klassischen Situationen im Bereich des Gewerbe- und Industrielärms konzipiert und lassen sich dort auch entsprechend gut anwenden. Aufgrund der teils nicht gegebenen Passung der Situation im Freizeitlärm, wurden die Freizeitlärmrichtlinien zur TA Lärm ergänzt. Tieffrequente Immissionen sind aber weiterhin in Ermangelung spezifischer Regelwerke nach DIN 45680 zu handhaben. In der Praxis gibt es hier zwei sehr wesentliche Herausforderungen im Umgang mit der DIN 45680:

1. Messungen im Innenraum Die DIN 45680 erfordert – aus verschiedenen plausiblen Gründen – die Durchführung von Messungen im Innenraum der schutzbedürftigen Nutzung. Der schalltechnische Sachverständige dringt also zwangsläufig in die Privatsituation des Anwohners ein. Für eine aussagekräftige Messung im Innenraum ist darauf zu achten, dass die Fenster geschlossen bleiben und keine Fremdgeräusche zugehen sind. Während der Messung darf also nicht gesprochen werden, nicht gelaufen werden und es müssen alle Emittenten abgeschaltet werden (z.B. Kühlschrank, Fernsehgerät, u.s.w.). Bei der Abnahme einer Industrieanlage, die dauerhaft in Betrieb geht und definierte Betriebszustände hat, dauert eine solche Messung insgesamt z.B. eine Stunde mit Auf- und Abbau und findet einmalig statt. Hier ist das Prozedere als verhältnismäßig einzustufen und sowohl dem Anwohner als auch dem schalltechnischen Sachverständigen zumutbar.

Im Freizeitlärm – zumindest im Bereich temporärer Veranstaltungen – ist die Situation grundlegend anders.

Hier kommt es jeweils in Abhängigkeit der individuellen Beschallungssituation und des Programmablaufs zu stark dynamischen Immissionssituationen. Hinzu kommen die üblichen witterungsbedingten Schwankungen. Somit muss jede Veranstaltung ganz individuell gemessen und beurteilt werden. Um die programmbedingt schwankende Immissionssituation adäquat zu erfassen, müssen bei Veranstaltungen üblicherweise Dauermessungen über die gesamte Veranstaltungsdauer durchgeführt werden. Wird nun auch die DIN 45680 angewandt, so muss bei jeder einzelnen Veranstaltung während der gesamten Veranstaltungsdauer im Innenraum des Anwohners gemessen und beurteilt werden. Weiterhin gelten während der Veranstaltung die o.g. Einschränkungen (Fenster schließen, keine Gespräche, kein Laufen, keine Fremdgeräusche durch Kühlschrank oder Fernseher). Die Verhältnismäßigkeit der Maßnahmen ist kaum noch gegeben und der Schutz des Anwohners durch die Einschränkungen sehr fragwürdig. Dieses Prozedere ist letztendlich weder dem Anwohner noch dem schalltechnischen Gutachter zumutbar.

Erschwerend kommt hinzu, dass pro Immissionsort zeitgleich ein Außenmesspunkt (klassischer Immissionsrichtwert gemessen in 0,5 m vor dem geöffneten Fenster bzw. in der Praxis i.d.R. ein Ersatzimmissionsort) und ein Innenmesspunkt (tieffrequente Messung) überwacht werden müssen. Ist dabei ein bestimmter schutzbedürftiger Raum zu überwachen, so müsste ferner bei jeweils streng normgerechter Durchführung einer Dauermessung das Fenster formal gleichzeitig geöffnet und geschlossen sein.

2. Ausnahmegenehmigungen Ein wesentlicher Anteil an Veranstaltungen ist nur über eine Ausnahmegenehmigung (z.B. Seltenes Ereignis) durchführbar, da die regulären Immissionsrichtwerte in solchen Situation oft nicht ausreichend sind. Jedoch finden Seltene Ereignisse in der aktuellen DIN 45680 keine Berücksichtigung und es sind somit formal weiterhin die dort aufgeführten festen Anhaltswerte für tieffrequente Immissionen einzuhalten. So dürfen bei einem Seltenen Ereignis beispielsweise um bis zu 10 dB erhöhte A-bezogene Richtwerte herangezogen werden. Durch die festen Anhaltswerte der DIN 45680 gilt dies aber eben nicht gleichermaßen für den tieffrequenten Bereich. Somit müsste der Emittent spektral so angepasst werden, dass beides erfüllt ist. Praktisch ausgedrückt müsste der Bass auf der Veranstaltung deutlich heruntergeregelt werden. Eine veranstaltungstypische Beschallung ist so nicht mehr möglich, was die Durchführbarkeit der Veranstaltung gefährdet.

Das wesentliche Merkmal einer Ausnahmegenehmigung besteht darin, dass der Anwohner nach individueller Abwägung der Behörde für begrenzte Zeiträume eine zumutbar erhöhte Immissionsbelastung hinzunehmen hat. Es wäre wünschenswert, dass die DIN 45680 dahingehend ebenfalls entsprechend erweitert würde, da sonst nahezu alle temporären Veranstaltung – insbesondere diese unter freiem Himmel – nicht realisierbar sind. Der zwischenzeitlich vorgeschlagene aber nicht verabschiedete Neuentwurf der DIN 45680 [7] greift Seltene Ereignisse explizit auf und schließt die Anwendbarkeit der Norm aus, was

den Behörden auf elegante Weise die notwendigen Freiheiten für alternative Regelungen einräumen würde. Andere Ausnahmen, wie eine Verschiebung der Nachtzeit oder individuelle Regelungen wären damit allerdings formal noch nicht abgedeckt.

Praktische Handhabung

Bei der Genehmigung einer Veranstaltung werden von der Ortsbehörde die Auflagen zum Immissionschutz festgesetzt. Für die meisten Open Air Veranstaltungen müssen – wie oben bereits erwähnt – Ausnahmegenehmigung erfolgen, da die regulären Immissionsrichtwerte nicht ausreichend sind. Ausnahmegenehmigungen sind z.B. Seltene Ereignisse, eine Verschiebung der Nachtzeit oder in Ausnahmefällen auch Sehr Seltene Ereignisse oder ganz individuelle Regelungen. Bei einer Ausnahmegenehmigung muss in aller Regel ein messtechnischer Nachweis über die Einhaltung der Auflagen geführt werden. In der Genehmigung werden die Immissionsorte und die einzuhaltenen Immissionsrichtwerte von der genehmigenden Behörde festgesetzt. Die o.g. Herausforderungen bezüglich der nicht ständig zumutbaren Innenraummessungen und der ohnehin nicht einhaltbaren tieffrequenter Anhaltswerte gemäß DIN 45680 bei Ausnahmegenehmigungen sind den genehmigenden Behörden durchaus bekannt. In der Konsequenz werden tieffrequente Betrachtungen als gängige Praxis stillschweigend aus den Genehmigungen ausgeklammert, da es keine alternativen Handlungsoptionen gibt. Veranstaltungen könnten sonst weitflächig gar nicht mehr durchgeführt werden. Zu bedenken ist, dass bei diesem Vorgehen keinerlei Schutz der Anwohner vor tieffrequenter Belastung gewährleistet ist, da die rein A-bezogenen Immissionsrichtwerte die tieffrequenten Anteile nicht adäquat berücksichtigen.

Es kommt nun aber zunehmend zu Beschwerdelagen bezüglich tieffrequenter Immissionen gemäß der Angaben verschiedener Behörden und der Erfahrung einschlägiger schalltechnischer Sachverständiger. Bei aktiven Beschwerdelagen müssen die Behörden reagieren und ihrer Schutzfunktion nachkommen. Aktuell herrscht bei vielen Behörden große Ratlosigkeit im Umgang mit diesem Thema in Anbetracht der formal derzeit nicht gelösten Situation. Teils greifen Behörden in ihrer Not zu Hilfskonstrukten wie z.B. nur die Einhaltung des relativen Auslösekriteriums $L_{C\text{ eq}} - L_{A\text{ eq}} < 20$ der DIN 45680 für die Immissionsorte festzusetzen – gemessen im Außenbereich und ohne weitere Betrachtungen. Dies führt die Verfahren der DIN 45680 aus technischer Sicht ad absurdum und ist weder praxistauglich noch schützt es letztendlich den Anwohner. Die Motivation dessen liegt in einer (vordergründigen) rechtlichen Absicherung. Dass teils technisch nicht ganz sachgemäße Hilfskonstrukte herangezogen werden müssen, ist ein Indiz für die Ausweglosigkeit der Lage.

Erste Gedankenansätze

Um den tieffrequenten Bereich bei Veranstaltungen praxistgerecht überwachen und beurteilen zu können, müsste zum einen dringend ein auf die Situation im Freizeitlärm angepasstes und vor allem einfach anzu-

wendendes Verfahren für die Messung und Beurteilung im Außenbereich entwickelt werden. Zum anderen müssten dazu entsprechende Anhaltswerte verfügbar sein, die auch eine realistische Durchführbarkeit von Veranstaltungen gewährleisten. Hier geht es vor allem darum, dass die tieffrequenten Anhaltswerte – so wie auch die üblichen A-bezogenen Richtwerte – mit einer Ausnahmegenehmigung skalieren. Andernfalls ist davon auszugehen, dass der tieffrequente Bereich weiterhin in der Praxis aus Genehmigungen ausgeklammert wird oder ggf. aus der Not heraus unsachgemäße Hilfskonstrukte herangezogen werden und somit in der Praxis kein Anwohnerschutz gewährleistet ist. In Anbetracht der auf das volle Kalenderjahr bezogenen sehr geringen Eintrittshäufigkeit und Einwirkdauer der Geräuschimmissionen temporärer Veranstaltungen im Vergleich zu klassischen Emittenten, wie permanent einwirkenden Industrieanlagen, Windparks oder Verkehrslärm, könnte hier ein etwas pragmatischeres Vorgehen und ggf. auch etwas großzügigere und skalierende Anhaltswerte als durchaus verhältnismäßig und sachdienlich eingestuft werden. Dabei steht selbstverständlich immer die Wahrung gesunder Wohnverhältnisse im Vordergrund, die jedoch – auch bei Durchführung vereinzelter Veranstaltungen verteilt auf das Kalenderjahr und ggf. sorgfältig abgewogener und maßvoll erhöhter Immissionsbelastung im Sinne eines Seltenen Ereignisses – weiterhin gewahrt bleiben.

Ein mögliches vereinfachtes Verfahren sollte nur für den Bereich temporärer (seltener) Veranstaltungen bedacht werden. Es geht keinesfalls um eine generelle Alternative zur DIN 45680, sondern ggf. nur um eine Ergänzung für einen ganz spezifischen Nischenbereich. Während die fortwährende Überarbeitung der DIN 45680, dem bisher bekannten Stand nach, vgl. z.B. [6], wichtige Anpassungen und Verbesserungen für viele gewerbliche Bereiche enthält, aber vom Verfahren her nicht einfacher, sondern eher etwas aufwändiger wird, müsste für den temporären Freizeitlärm ggf. eher in die andere Richtung im Sinne einer Vereinfachung gedacht werden, damit die praktische Anwendbarkeit gewährleistet ist. Ein möglicher Weg wäre hier, die Beurteilung von temporären Veranstaltungen generell aus der Norm auszugrenzen. Somit hätten die Behörden die Möglichkeit, „in Ermangelung an Regelwerken“ auf alternative Verfahren auszuweichen. Auch könnte eine Eingliederung des Themas in die Freizeitlärmrichtlinien eine elegante Alternative darstellen, um eine zukünftige DIN 45680 nicht mit nischenartigen Sonderfällen zu überfrachten.

Insgesamt erscheint eine Abgrenzung zwischen einzelnen temporären Veranstaltungen und permanenten Veranstaltungsstätten sinnvoll. Permanente Veranstaltungsstätten (Clubs, Arenen, Musikknepen, u.s.w.) mit hoher dauerhafter Veranstaltungsauslastung sollten dementsprechend weiterhin nach den klassischen Verfahren beurteilt werden, da eine geringe Eintrittshäufigkeit und Einwirkdauer auf das Kalenderjahr gesehen dort nicht gegeben sind. Zudem ist durch die Emissionen immer das gleiche akustische Quartier betroffen. Hier

müssten allerdings ebenfalls dringend Möglichkeiten für temporäre Ausnahmegenehmigungen (z.B. Seltenes Ereignis u.a.) in die Regelwerke eingeführt werden, bei denen der tieffrequente Bereich entsprechend skaliert.

Forschungsaktivitäten

Im Frühjahr 2019 wurden erste orientierende Forschungsaktivitäten aufgenommen, um die Situation besser zu verstehen und einen fundierten Vorschlag für ein entsprechendes Vorgehen und Verfahren entwickelt zu können. Erste Erhebungen von Messdaten und Ratings durch Sachverständige sind in vorbereitenden Untersuchungen während der Open Air Saison 2019 bei 35 Konzerten an ca. 60 Immissionsorten erfolgt. Weiterhin wurden Fassadendämmwerte im tieffrequenten Bereich gemessen [8], um in Ermangelung verfügbarer Daten eine erste statistische Einschätzung des Transferpfades zwischen Außenmesspunkt und Innenraum zu erhalten. Strukturierte Forschungsaktivitäten befinden sich in Vorbereitung. Dabei sollen zunächst Messdaten sowie auch perzeptiv Beurteilungen von schalltechnischen Sachverständigen erhoben und ausgewertet werden, um bestehende Forschungsfragen zu klären und weitere Schritte in Richtung der Entwicklung eines möglichen Verfahrens zu gehen.

Anhand erster Betrachtungen der bisherigen Ergebnisse könnte sich beispielsweise der im (fremdgeräuscharmen) Außenbereich gemessene $L_{C\text{eq}}$ als eine in diesem Kontext potentiell interessante Messgröße herausstellen. Der $L_{C\text{eq}}$ kann mit jedem bereits vorhandenen Schallpegelmessgerät sehr einfach erfasst werden. Durch die spektrale Zusammensetzung typischer Immissionen im Freizeitlärm, in Kombination mit der stärkeren Ausbreitungsdämpfung höherer Frequenzen, sind beim $L_{C\text{eq}}$ am Immissionsort genau die kritischen und beurteilungsrelevanten Terzen im tieffrequenten Bereich (z.B. Bass Drum, Bass) pegelbestimmend, die in der A-Bewertung zu stark verloren gehen, vgl. Abbildung 1. Der $L_{C\text{eq}}$ scheint auch in erster Näherung gut mit perzeptiven Beurteilungen von schalltechnischen Sachverständigen zu korrelieren. Der $L_{A\text{eq}}$ hat wiederum seinen spektralen Schwerpunkt mehr im Mittenbereich (z.B. Sprache, Gesang, Gitarren, etc.), was sich für eine Gesamtbeurteilung gut ergänzt. Durch Rückrechnung über die statistischen Fassadendämmwerte und Vergleich mit Wahrnehmungsschwellen könnte hier möglicherweise ein erster Ansatz liegen. Nähere Informationen und Details erfolgen in weiteren separaten Publikationen.

Ausblick

Der vorliegende Artikel soll zunächst nur einen Überblick über die Situation aus einer praktischen Sichtweise geben, einen Gedankenanstoß liefern und Forschungsaktivitäten motivieren. Da Beschwerdelagen im Kontext tieffrequenter Immissionen bei Veranstaltungen zunehmen und die Situation aktuell schwer formal lösbar ist, sollte daran gearbeitet werden. Die Gründung einer kleinen informellen Arbeitsgruppe zum Thema „Tieffrequente Immissionen im Freizeitlärm“ unter Leitung der Technischen Hochschule Mittelhessen wird angestrebt. Behörden, Wissenschaftler und insbesondere auch Ingenieurbüros mit aus-

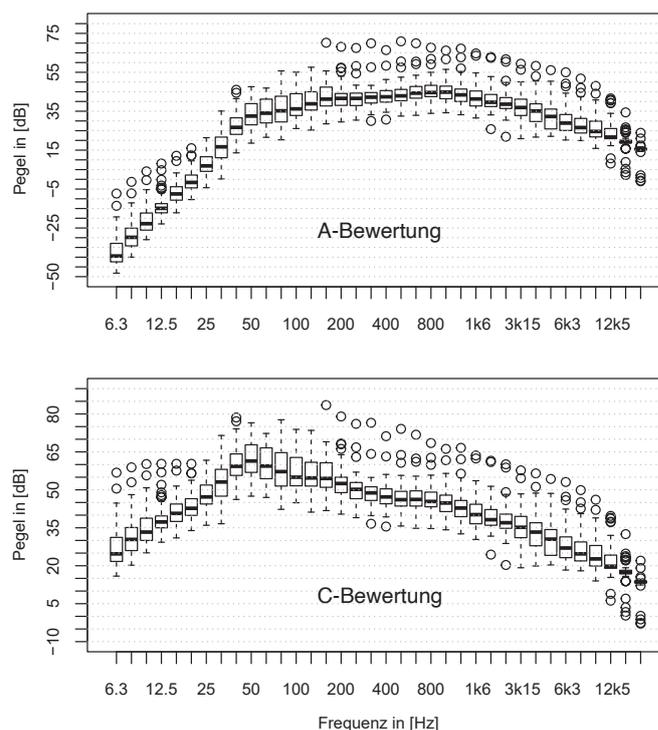


Abbildung 1: Box-Whisker Plots der Spektren an 60 Immissionsorten bei 35 Open Air Events (Köln/Bonn) im Sommer 2019. Quelle: B.A. von A. Brettschneider (THM)

geprägtem Schwerpunkt im Freizeitlärm sind sehr herzlich eingeladen, an der AG und/oder auch an den geplanten strukturierten Erhebungen teilzunehmen (bitte an die Autoren wenden). Eine Kooperation der AG mit den entsprechenden Normenkommissionen wäre wünschenswert.

Literatur

- [1] A. Nicht und A. Roy (2019), „Schall-Immissionsschutz bei Open-Air-Veranstaltungen – Aktuelle Messergebnisse“, DEGA, Tagungsband der Jahrestagung für Akustik (DAGA). Gleichmaßen auch in „Ergänzung zur Sächsischen Freizeitlärmstudie“ des Landesamts für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie Sachsen (2019) aufgeführt.
- [2] Freizeitlärmrichtlinie LAI (2015-3) der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Immissionsschutz
- [3] TA Lärm (2017-09) Sechste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm - TA Lärm)
- [4] BImSchG (2017-07), Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundes-Immissionsschutzgesetz - BImSchG)
- [5] DIN 45680 (1997-03) „Messung und Beurteilung tieffrequenter Geräuschimmissionen“, unter Berücksichtigung des zugehörigen Beiblattes 1, gültige Fassung der Norm.
- [6] D. Krahe (2017), „DIN 45680 Messung und Bewertung tieffrequenter Geräuschimmissionen in der Nachbarschaft – Stand der Überarbeitung“, Vortragsfolien zu einer Veranstaltung des Umweltbundesamtes am 14.03.2017 in Berlin.
- [7] DIN 45680 (2013-09) „Messung und Beurteilung tieffrequenter Geräuschimmissionen“, Normentwurf.
- [8] L. Roskosch, B. Bernschütz und R. Tölke (2020), „Untersuchung der Fassadendämmung bei tieffrequenten Geräuschen unter besonderer Berücksichtigung der Gegebenheiten im Freizeitlärm“, DEGA, Tagungsband der Jahrestagung für Akustik (DAGA).