

Erhebung und Klassifizierung der akustischen Wirkungen von Infraschall

Christian Eulitz, Fabian Ebner¹, Ulrich Möhler

Möhler + Partner Ingenieure AG, 80336 München, Germany, Email: fabian.ebner@mopa.de

¹ Referent

Einleitung

Seit einigen Jahren klagen Bürgerinnen und Bürger vermehrt über Beeinträchtigungen durch ausgeprägt tieffrequente Geräusche und Infraschall mit sog. Brummtophonomenen. Aus diesem Anlass hat das Umweltbundesamt eine Machbarkeitsstudie zu Wirkungen von Infraschall [1] beauftragt, die in den Jahren 2011 bis 2014 erstellt wurde. Die Untersuchung zeigt, dass die Ursachen der Belästigung im Bereich des Infraschalls vielschichtig sind. Deshalb wurde im Rahmen der Machbarkeitsstudie ein Erhebungs- und Klassifizierungssystem entwickelt, das eine Unterscheidung des Belästigungspotentials von Infraschallquellen in verschiedenen Klassen ermöglichen soll, ohne die genauen Ursachen für deren Lästigkeit zu kennen. Ziel der Einführung und Weiterentwicklung des Klassifizierungssystems ist eine systematische Sammlung und Aufbereitung von zugänglichen Daten, mit deren Hilfe zukünftig weitergehende Erkenntnisse über Infraschall gewonnen werden können.

Unterschwellige Infraschallwirkungen

Im Rahmen einer deutschlandweiten Abfrage der Beschwerdesituation im Zusammenhang mit tieffrequenten Geräuschen und Infraschall stellte sich u. a. heraus, dass in ca. 22% der gemeldeten Beschwerdefälle, keine Ursache festgestellt wurde und die Einwirkung somit nicht beurteilt werden konnte. Beispielsweise können folgende Ursachen hierfür in Betracht kommen:

- Eine Einwirkung ist individuell subjektiv wahrnehmbar, jedoch physikalisch nicht messbar.
- Eine Einwirkung ist physikalisch messbar, jedoch deutlich unterhalb der derzeit vorhandenen Beurteilungsmaßstäbe
- Eine Einwirkung ist mess- und beurteilbar, jedoch konnte kein Verursacher ermittelt werden (unbekannte Quellen)

Als eine Fragestellung sollten in diesem Zusammenhang insbesondere die bisherigen Forschungen zu unterschwelligen Infraschalleffekten (unterhalb der Wahrnehmungsschwelle) untersucht werden, da diese Kenntnis für ein mögliches Studiendesign für eine Hauptstudie notwendig ist. Dies erfolgte im Rahmen einer weitreichenden Literaturrecherche. Hierzu erfolgte die Sichtung und Auswertung verschiedenster durchgeführter Labor- und Feldstudien zu auralen und extraauralen Wirkungen von tieffrequentem Schall und Infraschall. Aufgrund der unterschiedlichsten Untersuchungsziele, der vielfach einzigartigen Versuchsaufbauten und eingesetzten Stimuli sowie der sehr uneinheitlichen Dokumentation der akustischen Randbedingungen sind die Studien vielfach

nicht verwertbar. Weitgehend ungeklärt sind auch die Gründe warum unterschwelliger Infraschall belästigend wirken könnte. Im Gegensatz zur Wirkungsweise des Hörschalls liegt die Vermutung über komplexere Wirkungsbeziehungen wie beispielweise bestimmte Pegel-/Frequenzkombinationen, besondere Periodizitäten oder tonaler Komponenten (frequenzselektive Energieanteile der Immission) nahe.

Ein möglicher, praxisorientierter Ansatz um diesen Fragestellungen nachzugehen, stellt zunächst eine strukturierte und standardisierte Datensammlung zu Belästigungssituationen im Zusammenhang mit (Infra-) Schallquellen dar. Für diese Datensammlung wurde ein Erhebungsbogen konzipiert.

Erhebungsbogen

Unter dem Gesichtspunkt der vielen relevanten Einflussgrößen im Zusammenhang mit Infraschallwirkungen (multisensorische Wirkung) sollten im Rahmen einer Erhebung von potentiellen Infraschallquellen möglichst wenig physikalisch ermittelbare Parameter außer Acht gelassen werden. Hierfür wurde ein Erhebungs- und Klassifizierungsbogen entwickelt. Anhand der globalen Betrachtung der mit diesem Bogen erfassten Daten, wie beispielsweise Betriebszeiten, Wirkzeiten oder Abständen zu angrenzender Bebauung in Verbindung mit den dokumentierten akustischen Parametern, können Konfliktsituationen identifiziert und bereits in der Planung derartiger Anlagen prognostiziert sowie mögliche Lärminderungsmaßnahmen vorgeschlagen werden.

Klassifizierung

Eine Systematik für die Beurteilung der Erheblichkeit von Infraschallimmissionen existiert bislang nicht. Daher wird die Beschreibung von Schallquellen, Ursachen und Wirkungen auf Basis von standardisierten Merkmalen durchgeführt. Auf dieser Basis können Zusammenhänge (z. B. Lärmwirkungskorrelationen) erarbeitet werden.

Als klassischer Ansatz einer Klassifizierung, wurde in vorliegender Untersuchung die sog. Top-Down Klassifizierung gewählt. Hierbei werden zunächst die Klassen vorgegeben, anschließend die Merkmale ausgewählt und schließlich die Klassengrenzen gezogen. Als allgemeine Anforderungen an die Klassifizierung von Schallquellen können folgende Bedingungen genannt werden: Die Klassifizierung muss invariant gegenüber äußeren Einflüssen sein. Die Klassifizierung der Quellen sollte also unabhängig von den Standortbedingungen (Orografie, Meteorologie, Abstand usw.) sein. Zudem müssen die Quellen eindeutig einer der Klassen zugeordnet werden können.

Klassen

Aus der Heterogenität und Vielschichtigkeit der Infrashallquellen ergibt sich eine Vielzahl von unterschiedlichen Parametern und Merkmalen anhand derer sich die Quellen charakterisieren und in Klassen einteilen lassen. Aufgrund der zugrundeliegenden Fragestellung mit immissionsschutzfachlichem Hintergrund, wurde eine Einteilung in Belästigungsklassen (von starkem Belästigungspotential bis kein Belästigungspotential) gewählt. Hierfür müssen Merkmale gewählt werden, anhand derer eine Quantifizierung möglich erscheint. Des Weiteren muss es möglich sein, anhand der Merkmale die zuvor festgelegten Klassen hinreichend zu beschreiben und zu definieren.

Merkmale

Da es möglich sein soll eine Quelle anhand der Merkmale eindeutig einer der Klassen zuordnen zu können, müssen klare Merkmalsgrenzen definiert werden. Im Hinblick auf die sich an der Belästigungssituation orientierenden Klassen und den zuvor genannten Anforderungen an die Merkmale kommen nur Parameter in Frage, die in direkter Korrelation zur potentiellen Belästigung durch eine Quelle stehen und somit eine konkrete Aussage diesbezüglich liefern können. Des Weiteren sollten die Daten auf deren Grundlage die Klassifizierung erfolgt, mit relativ hoher Genauigkeit im Freifeld bestimmt werden können. Unter diesen Aspekten haben sich folgende akustische Parameter als sinnvoll gezeigt:

- **Überdeckung** mit Hörschall: Als Maß für die „Wahrnehmbarkeit“ und den Anteil des Infrashalls an der Gesamtwirkung
- **Pegel:** Als wesentliche Mess- und Beurteilungsgröße zur Quantifizierung der Einwirkung. Beispielsweise der 5%-Perzentilpegel des Luftschalls gemäß dem Normentwurf zur DIN 45680 [4] oder Körperschallpegel
- **Frequenzbereich:** Zur Identifizierung frequenzselektiver Wirkungen
- **Pegelzeitverlauf:** Zur Identifizierung von als besonders störend empfundenen Periodizitäten
- **Impulshaltigkeit:** ($\neq K_I$ nach DIN 45645 [2]) Zur Berücksichtigung der erhöhten Störwirkung von kurzzeitigen Ereignissen wie Knallen, Explosionen
- **Tonhaltigkeit:** ($\neq K_T$ nach DIN 45681 [3]) Zur Berücksichtigung von Energieanteilen schmalbandiger Geräuschkomponenten

Gewichtung der Merkmale

Anhand eines Punktesystems kann eine differenzierte Gewichtung der einzelnen Merkmale und Merkmalsstufen innerhalb des Klassifizierungssystems erfolgen. Dabei sind die Merkmale ihrer Merkmalsstufen entsprechend, mit einem, zwei oder drei Merkmalspunkten zu bewerten.

Um einen unterschiedlich starken Einfluss bzw. eine kombinatorische Wirkung der einzelnen Merkmale auf das

Belästigungspotential zu berücksichtigen, werden zusätzlich Gewichtungsfaktoren eingeführt mit denen die Merkmalspunkte gewichtet werden können. Hierdurch wird sichergestellt, dass die einzelnen Merkmale unterschiedlich stark und physiologisch korrekt in der Klassifikation berücksichtigt werden. Anhand der Summe der für eine Quelle vergebenen Merkmalspunkte kann schließlich eine Zuordnung zu einer der Belästigungsklassen erfolgen. Die spezifische Gewichtung der einzelnen Merkmale kann anhand von Laborstudien zur Infrashallwirkung kalibriert werden. Aus nachfolgender Abbildung ist beispielhaft eine mögliche Punktematrix zum Klassifizierungssystem dargestellt:

Mögliche Punktematrix zu den Klassifizierungsmerkmalen			
Überdeckung, Ü	Gewichtung: X-fach	Erzeugter Pegel, P	Gewichtung: X-fach
Ü _{max} : reine Infrashallabstrahlung	3	P _{max} : Schmerzschwelle	3
Ü: mittlere Überdeckung	2	P: mittlere Wahrnehmung	2
Ü _{min} : stark überdeckte Infrashallabstrahlung	1	P _{min} : Wahrnehmungsschwelle	1
Frequenz, F	Gewichtung: X-fach	Pegelzeitverlauf, V	Gewichtung: X-fach
F _{max} : 20 Hz	3	V _{max} : stark periodisch	3
F>7 Hz	2	V: mittlere Periodizität	2
F _{min} : 1 Hz	1	V _{min} : stationär	1
Impulshaltigkeit, I	Gewichtung: X-fach	Tonhaltigkeit, T	Gewichtung: X-fach
I _{max} : stark ausgeprägt	3	T _{max} : Abstrahlung eines Einzeltons	3
I: mittlere Impulshaltigkeit	2	T: mittlere Tonhaltigkeit	2
I _{min} : keine Impulshaltigkeit	1	T _{min} : keine Tonhaltigkeit	1

Abbildung 1: Darstellung einer möglichen Punktematrix zum Klassifikationssystem

Zusammenfassung

Das vorgeschlagene Klassifizierungssystem ermöglicht eine systematische Klassifikation des Belästigungspotentials von Infrashallquellen. Die für die Klassifizierung herangezogenen Daten beschränken im Wesentlichen auf bewährte Messgrößen, deren Ermittlung mit relativ hoher Genauigkeit und vertretbarem Aufwand im Freifeld durchgeführt werden kann. Für eine zukünftige Nachauswertung werden Signaldaten archiviert.

Auf Basis der klassifizierten Merkmale der Schallquellen können Erhebungs- und Klassifizierungsbögen erstellt und in einem Verzeichnis archiviert werden. Damit können potentielle Gefährdungssituationen erkannt und ggf. bereits in der Planungsphase vermieden werden.

Literatur

- [1] „Machbarkeitsstudie zur Wirkung von Infrashall“, Umweltbundesamt, Dessau, 2014 (noch nicht veröffentlicht)
- [2] DIN 45645, „Ermittlung von Beurteilungspegeln aus Messungen“ Beuth, Berlin 1996
- [3] DIN 45681, „Bestimmung der Tonhaltigkeit von Geräuschen und Ermittlung eines Tonzuschlages für die Beurteilung von Geräuschimmissionen“ Beuth, Berlin 2005
- [4] Entwurf DIN 45680, „Messung und Bewertung tieffrequenter Geräuschimmissionen“ Beuth, Berlin 2013