

Möglichkeiten und Grenzen der Schallimmissionsprognose tieffrequenter Geräusche

Christoph Fritzsche

Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, E-Mail: christoph.fritzsche@smekul.sachsen.de

Einleitung

Bei der Planung und Genehmigung von Anlagen, die Lärm erzeugen, sollen deren Schallemissionen so begrenzt werden, dass die Schallimmissionen in der Umgebung das zulässige Maß nicht überschreiten. Für die tieffrequenten Geräusche, also für solche, die vorherrschende Energieanteile im Frequenzbereich unter 90 Hz besitzen, werden dazu von den Genehmigungsbehörden in den einzelnen deutschen Bundesländern und unter Umständen innerhalb eines Bundeslandes verschiedene Verfahren angewandt. Es sollte deshalb ein universelles, zweckdienliches und praktikables Verfahren gefunden werden, das es erlaubt, maximal zulässige tieffrequente Schallemissionen so zu bestimmen, dass bei deren Einhaltung mit hoher Sicherheit schädliche Umwelteinwirkungen durch tieffrequente Geräusche ausgeschlossen werden können.

Mit einem Beitrag zur leider ausgefallenen 46. Deutschen Jahrestagung für Akustik (DAGA 2020) wurden Ergebnisse von Untersuchungen zur Schallimmissionsprognose bei tieffrequenten Geräuschen angekündigt [1]. Diese Ergebnisse liegen nun in einem Untersuchungsbericht vor [2] und es wurde daraus ein Verfahren zur Schallimmissionsprognose bei tieffrequenten Geräuschen abgeleitet [3]. Allerdings birgt dieses erhebliche Unsicherheiten, sodass konservative Annahmen getroffen werden müssen. Das Verfahren wird hier kurz vorgestellt und seine Möglichkeiten und Grenzen werden diskutiert.

Beurteilungsgrundlagen

Tieffrequente Geräusche werden in Deutschland nach DIN 45680:1997 [4] und dem zugehörigen Beiblatt 1 [5] beurteilt. Dabei wird unterschieden zwischen Geräuschen mit und ohne „deutlich hervortretende Einzeltöne“, für welche jeweils andere Anhaltswerte gelten. Wann es sich um ein „Geräusch mit deutlich hervortretendem Einzelton“ handelt, ist in [4] definiert. Der Begriff ist nicht gleichzusetzen mit dem Begriff der „Tonhaltigkeit“ oder „Tonalität“. Im besonderen Fall können die Eigenschaften des Raumes und der Außenbauteile das „Hervortreten“ einzelner Terzen bewirken, sodass das Geräusch entsprechend zu beurteilen ist. Um bei Planung und Genehmigung auf der sicheren Seite zu sein, ist deshalb dieser Fall anzunehmen. Das heißt, der jeweilige Anhaltswert für die Beurteilung eines „Geräusches mit deutlich hervortretendem Einzelton“ ist in jedem Terzband einzuhalten.

Verfahren

Prinzip

Das Prinzip des hier dargestellten Verfahrens ist nicht neu, denn recht bald nach dem Erscheinen von DIN 45680 im Jahr 1997 wurde von J. Gilg bereits ein ähnliches Verfahren beschrieben [6]. Dieses nutzt ebenso im Außen-

raum eine Schallausbreitungsrechnung bis zum Gebäude sowie Terz-Schallpegeldifferenzen von dort zum Innenraum, in welchem das tieffrequente Geräusch beurteilt werden soll. Für die Bestimmung der angesetzten Terz-Schallpegeldifferenzen wurden vorhandene Messergebnisse ausgewertet. Hierzu heißt es in dem Bericht [6]: „Die Anzahl der zur Auswertung zur Verfügung stehenden Meßergebnisse ... ist nicht sehr groß. Das Verfahren sollte deshalb sehr vorsichtig angewandt und laufend weiterentwickelt werden.“ Dazu leisten [2] und [3] nun einen Beitrag.

Das Verfahren besteht also aus zwei Teilen - der Berechnung des Schalldruckpegels vor dem Gebäude mit einem üblichen Verfahren (Schallausbreitungsrechnung) und der Abschätzung des Innenpegels im Raum anhand von Schalldruckpegeldifferenzen zwischen außen und innen, die bei Messungen an vielen Gebäuden ermittelt wurden. Das Prinzip verdeutlicht Abbildung 1, wobei die Richtung der Pfeile umzukehren ist, wenn aus der zulässigen Immission die zulässige Emission ermittelt werden soll.

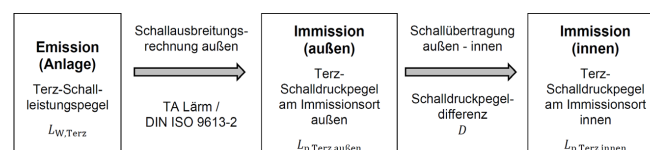


Abbildung 1: Prinzip des Verfahrens

Schallübertragung nach innen

In [2] und [3] sind acht verschiedene Kurven von Terz-Schalldruckpegeldifferenzen angegeben. Diese sind nach drei Kriterien unterschieden und haben deshalb drei Indizes. Der erste Index unterscheidet nach der Art des anregenden Geräusches (b: breitbandig oder t: tonal), der zweite nach der Lage der Kurve im Wertebereich (E: Mittelwert oder 90: Wert, der in 90 % der Fälle überschritten wird) und der dritte nach dem Punkt außen, von dem aus die Schalldruckpegeldifferenz zum Innenraum ermittelt wurde (T: 0,5 m vor dem geöffneten Fenster oder W: freier Punkt anstelle des Gebäudes). Beispielhaft sind in Abbildung 2 die vier Kurven der Schalldruckpegeldifferenzen D mit Index W dargestellt (Anmerkung: Für die Beurteilung nach [4], [5] sind die Terzbänder oberhalb von 100 Hz nicht relevant).

Schallausbreitungsrechnung außen

Nach TA Lärm [7] gibt es die überschlägige und die detaillierte Schallimmissionsprognose. Die überschlägige Prognose nach Nr. A.2.4 TA Lärm berücksichtigt keine Luftabsorption und keine Frequenzabhängigkeit der Ausbreitungsdämpfung. Auch Abschirmung wird mit Ausnahme der Eigenabschirmung durch das Gebäude der Anla-

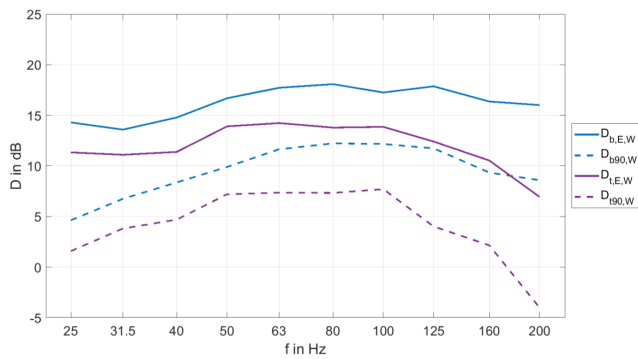


Abbildung 2: Schalldruckpegeldifferenzen D mit Index W (blau: breitbandige Anregung, violett: tonale Anregung, durchgezogene Linie: Mittelwerte, Strichlinie: Werte, die in 90 % der Fälle überschritten werden), entnommen aus [2]

ge nicht berücksichtigt. Da die Luftabsorption bei tiefen Frequenzen vernachlässigbar ist und Abschirmung kaum eine Rolle spielt, wenn die maßgeblichen Immissionsorte in der näheren Umgebung der Anlage liegen, genügt die überschlägige Prognose in vielen Fällen.

Die detaillierte Prognose ist das Verfahren nach DIN ISO 9613-2 [8]. Der Bodeneffekt A_{gr} sollte für den hier interessierenden Frequenzbereich nach dem allgemeinen Verfahren nach Nr. 7.3.1 der Norm berechnet werden. Dieses ist für die betreffenden Terzbänder unabhängig von der Frequenz und vom Bodenfaktor (mit Ausnahme der 100-Hz-Terz, die in die 125-Hz-Oktave fällt). Konstruktive kohärente Überlagerungen durch die Bodenreflexion werden für verhältnismäßig große Entfernungen abgebildet. Abbildung 3 zeigt für eine Beispielsituation den Vergleich zum alternativen Verfahren für den Bodeneffekt nach Nr. 7.3.2 der Norm (die separat berechnete Bodenreflexion D_{Ω} wurde hier von der Dämpfung abgezogen, da diese beim allgemeinen Verfahren bereits in A_{gr} berücksichtigt ist). Es zeigen sich deutliche Unterschiede, die zum Teil darauf zurückzuführen sind, dass das alternative Verfahren nicht für so tiefe, sondern für mittlere Frequenzen gedacht ist. Frequenzabhängige Effekte (Abschirmung und Reflexion) könnten anhand der Wellenlänge für die einzelnen Terzbänder separat berechnet werden. Bei komplexen Situationen empfiehlt sich die Nutzung einer Software für die Schallausbreitungsrechnung, wobei die für die 63-Hz-Oktave berechnete Dämpfung hilfsweise auf die einzelnen Terzen angewendet werden kann.

Unsicherheiten

Bei den Schalldruckpegeldifferenzen, die für die Berechnung der Schallübertragung von außen nach innen verwendet werden, lässt sich die Unsicherheit anhand der Differenz zwischen den Mittelwert-Kurven und den Werten, die in 90 % aller Fälle überschritten werden, abschätzen. Im Sinne einer konservativen Betrachtung berücksichtigt letztere die Unsicherheit bereits.

Die Schallübertragung außen wird in Anlehnung an [8] berechnet, jedoch teilweise in einem anderen, tieferen Frequenzbereich (unterhalb der 63-Hz-Oktave) und mit einer anderen, höheren Frequenzauflösung (Terzbänder),

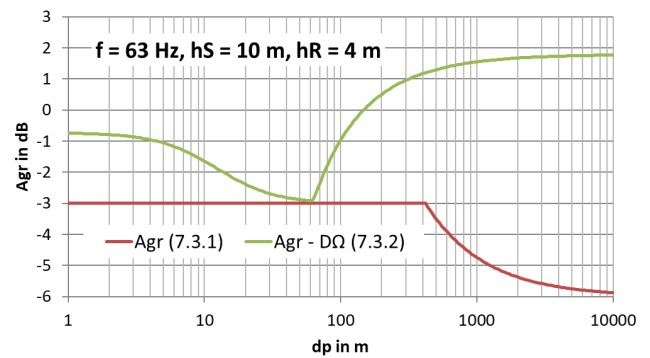


Abbildung 3: Vergleich des gemäß [8] nach dem allgemeinen Verfahren berechneten Bodeneffektes mit dem nach dem alternativen Verfahren berechneten (Beispiel für die 63-Hz-Oktave, eine Quellhöhe von 10 m, eine Empfängerhöhe von 4 m und ebenes Gelände)

als es der Anwendungsbereich der Norm vorsieht. Die Unsicherheiten dürften deshalb größer sein.

Es stellt sich die Frage, ob nicht andere Verfahren, die kohärente Überlagerungen berücksichtigen, besser geeignet sind. Dies wird hier aus folgenden Gründen verneint:

- Für eine komplexe Berechnung ist eine sehr genaue Modellierung erforderlich.
- Eine solche Berechnung ist nur für einen Punkt genau, jedoch interessiert hier die Einwirkung des Geräusches auf ein gesamtes Außenbauteil oder auf ein Gebäude.
- Bei einem Reflektor ist ohne Berücksichtigung von kohärenten Überlagerungen eine Unterschätzung von höchstens 3 dB möglich, jedoch eine viel größere Überschätzung, falls es gerade zur Auslöschung kommt.
- Die Unsicherheit der Schallausbreitungsrechnung außen ist in den meisten Fällen sicherlich viel kleiner als die Unsicherheit der Schalldruckpegeldifferenz

Fazit

Das hier vorgestellte Verfahren für die Schallimmissionsprognose tieffrequenter Geräusche ist mit hohen Unsicherheiten verbunden. Die konservativen Annahmen in vielen Punkten führen in der Summe tendenziell zur Überschätzung der Geräuschimmission. Jedoch ist damit das Verfahren für den vorgesehenen Zweck - die Ermittlung von Emissionswerten, für die eine sichere Einhaltung der Anhaltswerte gemäß [5] angenommen werden kann - geeignet. Die Anwendung des Prognoseverfahrens wird allerdings nur für solche Anlagentypen empfohlen, die sich bereits bei Messungen nach DIN 45680:1997-03 [4] als Quellen erheblicher Belästigungen durch tieffrequente Geräusche erwiesen haben (siehe hierzu Anhang A in [5]). Im konkreten Fall kann der sichere Nachweis nur durch eine solche Messung erbracht werden.

Literatur

- [1] Fritzsche, C., Eckert, L., Schulze, C. & Hübelt, J.: Schallimmissionsprognose bei tieffrequenten Geräuschen. Fortschritte der Akustik - DAGA 2020
- [2] Schulze, C., Eckert, L. & Hübelt, J.: Untersuchungen zur Schallimmissionsprognose bei tieffrequenten Geräuschen. Schriftenreihe des LfULG, Heft 9/2021, URL: <https://publikationen.sachsen.de/bdb/artikel/37407>
- [3] Fritzsche, C.: Verfahren der Schallimmissionsprognose bei tieffrequenten Geräuschen. Schriftenreihe des LfULG, Heft 10/2021, URL: <https://publikationen.sachsen.de/bdb/artikel/37427>
- [4] DIN 45680:1997-03, Messung und Bewertung tieffrequenter Geräuschimmissionen in der Nachbarschaft, Beuth-Verlag, Berlin, 1997
- [5] DIN 45680 Beiblatt 1:1997-03, Messung und Bewertung tieffrequenter Geräuschimmissionen in der Nachbarschaft - Hinweise zur Beurteilung bei gewerblichen Anlagen, Beuth-Verlag, Berlin, 1997
- [6] Gilg, J.: Berücksichtigung tieffrequenter Geräusche gemäß TA Lärm in Genehmigungs-, Planfeststellungs- und Baugenehmigungsverfahren – Mustergutachten und Handlungsanleitung. Studie im Auftrag des Staatlichen Umweltamtes Kiel, Müller-BBM GmbH, Planegg, 2001
- [7] Sechste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm - TA Lärm) vom 26. August 1998 (GMBI Nr. 26/1998 S. 503), geändert durch Verwaltungsvorschrift vom 01.06.2017 (BANZ AT 08.06.2017 B5)
- [8] DIN ISO 9613-2:1999-10, Akustik - Dämpfung des Schalls bei der Ausbreitung im Freien - Teil 2: Allgemeines Berechnungsverfahren (ISO 9613-2:1996), Beuth-Verlag, Berlin, 1999