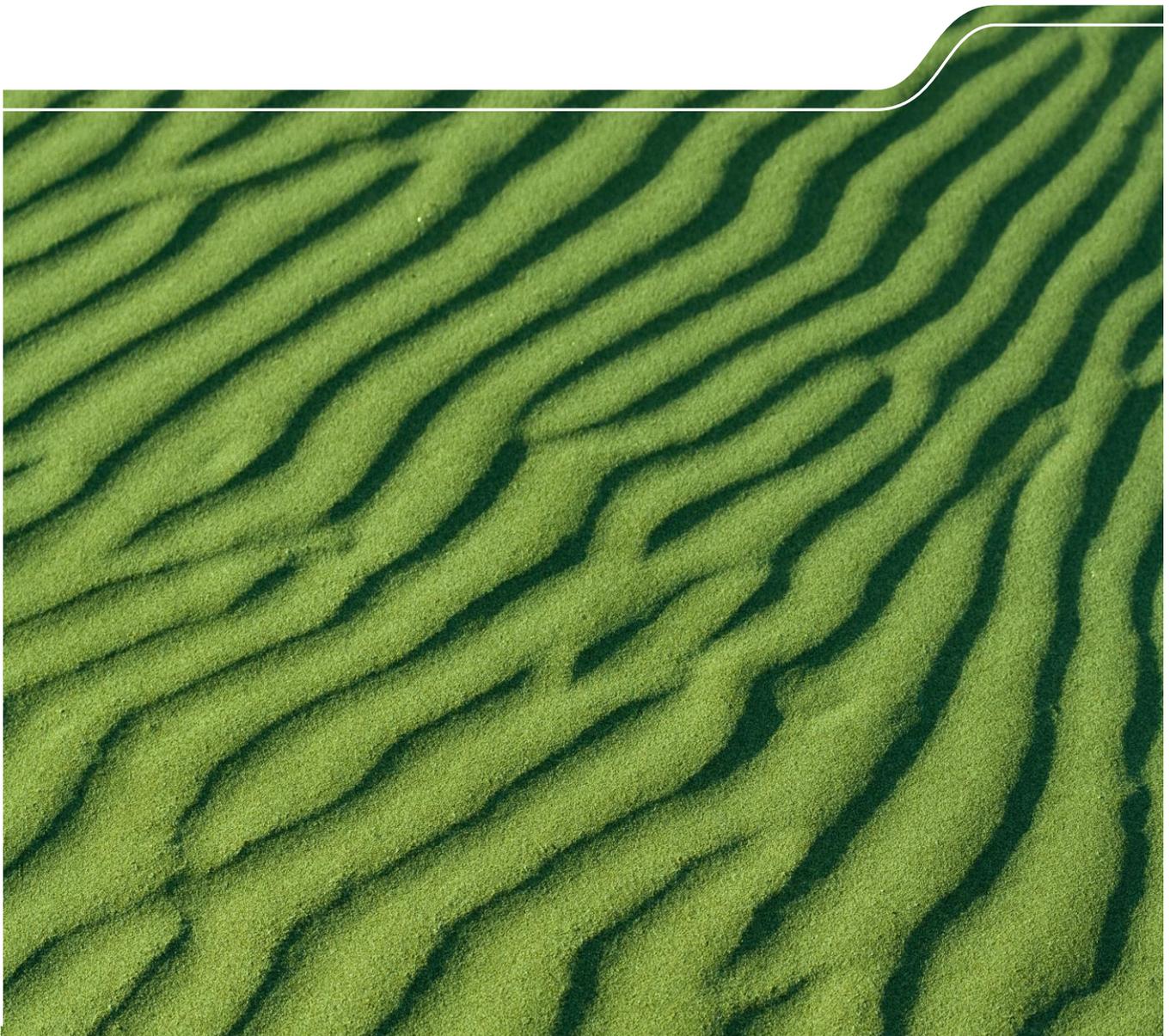




# Verfahren der Schallimmissionsprognose bei tieffrequenten Geräuschen

Schriftenreihe, Heft 10/2021



# Verfahren der Schallimmissionsprognose bei tieffrequenten Geräuschen

Christoph Fritzsche

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b> .....	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Beurteilungsgrundlagen</b> .....	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>Verfahren</b> .....	<b>6</b>
3.1	Schallausbreitungsrechnung außen .....	6
3.2	Übertragung von außen nach innen .....	7
3.3	Wahl der geeigneten Schalldruckpegeldifferenz .....	9
3.3.1	Festlegung maximal zulässiger Schallemissionen einer Anlage .....	9
3.3.2	Messung am Immissionsort oder an einem Ersatzmessort .....	9
3.3.2.1	Messung bei Inbetriebnahme einer Anlage .....	10
3.3.2.2	Überwachungsmessungen an Anlagen .....	10
3.3.3	Normgerechter Nachweis .....	10
3.4	Unsicherheit der Prognose .....	10
3.4.1	Unsicherheit der Schallausbreitungsrechnung außen .....	10
3.4.2	Unsicherheit der Schalldruckpegeldifferenzen außen - innen .....	11
	<b>Literaturverzeichnis</b> .....	<b>12</b>

## Tabellenverzeichnis

Tabelle:	Terz-Spektren der Schalldruckpegeldifferenzen zwischen außen und innen, Mittelwerte und untere Vertrauensbereichsgrenzen für 90-%ige Überschreitungswahrscheinlichkeit, bei breitbandiger und tonaler Anregung .....	9
----------	--	---

# 1 Einleitung

Bei der immissionsschutzrechtlichen bzw. der baurechtlichen Genehmigung einer Anlage wurden bisher für die Festlegung der höchstzulässigen tieffrequenten Schallemissionen abhängig vom Anlagentyp verschiedene Methoden angewendet. So sollen in Sachsen beispielsweise für Blockheizkraftwerke (BHKW) die relativ strengen Anforderungen nach Anlage 4 des Biogasleitfadens Mecklenburg-Vorpommern (BGL 2012) festgelegt werden. Für andere Anlagentypen bestehen in Sachsen bezüglich tieffrequenter Geräusche hingegen keine derartigen Regelungen. Dies ist zum Teil dadurch begründet, dass es kein universelles, genormtes Verfahren für die Prognose tieffrequenter Geräuschimmissionen in Aufenthaltsräumen gibt, mit dessen Hilfe sich die höchstzulässigen Emissionen aus den Anhaltswerten gemäß Beiblatt 1 zu DIN 45680:1997-03 ermitteln ließen.

Mit Vorliegen der Ergebnisse der vom Sächsischen Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG) beauftragten Untersuchungen zur Schallimmissionsprognose bei tieffrequenten Geräuschen (SCHULZE et al. 2021) lässt sich nun ein Verfahren für die Berechnung tieffrequenter Schallimmissionen in Räumen aus den außen am Gebäude anliegenden Terz-Schalldruckpegeln ableiten. Die Untersuchungen wurden an 35 Aufenthaltsräumen durchgeführt. Es wurden jeweils Terz-Schalldruckpegeldifferenzen zwischen Punkten außen vor dem Gebäude und Punkten innen im Raum bei Lautsprecherbeschallung von außen ermittelt.

Unter Berücksichtigung der statistischen Unsicherheiten der ermittelten Schalldruckpegeldifferenzen können für den Punkt außen Terz-Schalldruckpegel angegeben werden, für welche die Einhaltung der Anhaltswerte gemäß Beiblatt 1 zu DIN 45680:1997-03 innen im Raum mit angemessener Sicherheit zu erwarten ist. Von den Terz-Schalldruckpegeln am Punkt außen lässt sich über eine Schallausbreitungsrechnung auf die Terz-Schalleistungspegel einer oder mehrerer Anlagen schließen. Somit können den Anlagen höchstzulässige Werte tieffrequenter Schallemissionen zugewiesen werden.

Das hier vorgestellte Verfahren wurde für ebendiesen Zweck entworfen, bei der Genehmigung bestimmter Anlagentypen, die tieffrequente Geräusche emittieren können, angemessene Festlegungen zur Begrenzung dieser Emissionen zu treffen. Prinzipiell ist es auch dazu geeignet, anhand der Terz-Spektren von Schallemissionen auf tieffrequente Immissionen in Räumen zu schließen. Jedoch führen die für eine ausreichende Sicherheit der Festlegungen notwendigen konservativen Annahmen in der Summe tendenziell zur Überschätzung der Belästigung. Dies ist bei der Interpretation der Prognoseergebnisse zu berücksichtigen. Die Anwendung des Prognoseverfahrens wird nur für solche Anlagentypen empfohlen, welche in Beiblatt 1 zu DIN 45680:1997-03, Anhang A genannt sind, oder die sich bereits bei Messungen nach DIN 45680:1997-03 als Quellen erheblicher Belästigungen durch tieffrequente Geräusche erwiesen haben.

## 2 Beurteilungsgrundlagen

Geräusche von Anlagen werden in Deutschland nach der Sechsten Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm – TA Lärm) beurteilt, sofern diese nicht vom Geltungsbereich ausgenommen sind. Die TA Lärm verweist für Geräusche, die vorherrschende Energieanteile im Frequenzbereich unter 90 Hz besitzen (tieffrequente Geräusche), auf DIN 45680, Ausgabe März 1997, und das zugehörige Beiblatt 1.

Gemäß DIN 45680 sind tieffrequente Geräusche innerhalb des Gebäudes in dem am stärksten betroffenen Aufenthaltsraum bei geschlossenen Fenstern und Türen und üblicher Raumausstattung zu messen. Maßgeblich ist dabei die Stelle höchster Belastung, an der sich Personen regelmäßig aufhalten. Bei erkennbar konstant einwirkenden Schallquellen kann diese Stelle mit Hilfe eines Schallpegelmessers gefunden werden. Ansonsten kann die betroffene Person die betreffende Stelle nennen. Beides ist jedoch bei einer Schallimmissionsprognose nicht machbar, da das Anlagen-geräusch nicht zur Verfügung steht oder der Raum nicht zugänglich ist. Für eine Prognose auf der sicheren Seite werden deshalb hier die Schalldruckpegel in den Raumecken betrachtet, welche die möglicherweise an anderen Stellen im Raum auftretenden Schalldruckpegelmaxima tieffrequenter Geräusche gut wiedergeben (siehe hierzu SCHULZE et al. 2021, Kapitel 3.1.2 und 4.2.1).

Tieffrequente Geräusche werden gemäß DIN 45680 unterschieden in solche mit und ohne deutlich hervortretende Einzeltöne. Dementsprechend unterscheiden sich auch die Verfahren und die Anhaltswerte für die Beurteilung gemäß Beiblatt 1 zu DIN 45680.

Die Kriterien dafür, ob es sich um ein "Geräusch mit deutlich hervortretendem Einzelton" handelt, sind in DIN 45680 definiert. Im Sinne der Norm ist dieser Begriff nicht gleichzusetzen mit dem Begriff der "Tonhaltigkeit" im Sinne der TA Lärm und anderer Regelwerke. Da die akustischen Eigenschaften der Außenbauteile des Gebäudes und die des Raumes entscheidenden Einfluss auf das Spektrum haben, das sich im Raum infolge eines außen einwirkenden Geräusches ausbildet, kann von dem Spektrum des Geräusches außen nicht ohne Weiteres auf das Spektrum innen geschlossen werden. Hiervon ausgenommen sind monofrequente Signale, welche unter der Voraussetzung einer verzerrungsfreien Übertragung außen wie innen monofrequent sind. Jedoch können auch breitbandige Geräusche, d. h. solche mit über mehrere Terzbänder verteilter Energie, im Raum so ankommen, dass der Pegel in einem bestimmten Terzband deutlich aus dem Spektrum herausragt. Dies ist sogar wahrscheinlich, wenn Raummoden niederer Ordnung angeregt werden. Wenn in einem solchen Fall die oben genannten Kriterien erfüllt sind, hat also die Beurteilung nach dem Verfahren für Geräusche mit deutlich hervortretenden Einzeltönen zu erfolgen. Für die Prognose auf der sicheren Seite muss dieser kritische Fall zugrundegelegt werden. Das heißt, der entsprechende Anhaltswert für einen deutlich hervortretenden Einzelton ist in jedem Terzband einzuhalten.

Für eine Beurteilung nach Beiblatt 1 zu DIN 45680 sind die Terz-Schalldruckpegel bei den Mittenfrequenzen von 8 Hz bis 100 Hz auszuwerten. Aus messtechnischen Gründen liegen aus den Untersuchungen Schalldruckpegeldifferenzen erst ab der Terz-Mittenfrequenz von 25 Hz vor. Das hier vorgeschlagene Verfahren ist somit für den Frequenzbereich der Terzbänder mit den Mittenfrequenzen von 25 Hz bis 100 Hz vorgesehen. Wenn im Emissionsspektrum der zu beurteilenden Anlage relevante Anteile im Frequenzbereich der Terzbänder unterhalb von 25 Hz vorhanden sind, sollte konservativ geschätzt werden.

# 3 Verfahren

Die Schallimmissionsprognose bei tieffrequenten Geräuschen gliedert sich in zwei Teile – die Schallausbreitungsrechnung außen und die Berechnung des Innenpegels anhand einer Schalldruckpegeldifferenz zwischen außen und innen. Das folgende Schema soll dies verdeutlichen.



## 3.1 Schallausbreitungsrechnung außen

Nach dem Anhang der TA Lärm gibt es die detaillierte und die überschlägige Schallimmissionsprognose. Die detaillierte Prognose entspricht dem Verfahren nach DIN ISO 9613-2, welches einige frequenzabhängige Dämpfungseffekte beinhaltet. Die überschlägige Prognose beruht im Prinzip auf demselben Berechnungsverfahren, berücksichtigt jedoch nur die geometrische Ausbreitungsdämpfung sowie ein Richtwirkungs- und ein Raumwinkelmaß ohne Frequenzabhängigkeit.

Bei der Ausbreitung von tieffrequentem Schall im Freien spielen die Dämpfung durch Luftabsorption ( $A_{\text{atm}}$ ) und die Dämpfung bei Abschirmung ( $A_{\text{bar}}$ ) durch im Verhältnis zur Schall-Wellenlänge kleine Hindernisse kaum eine Rolle und sind deshalb hier zu vernachlässigen. Dies gilt ebenso für die meteorologische Korrektur ( $C_{\text{met}}$ ) und zusätzliche Dämpfungsarten ( $A_{\text{misc}}$ ). Hindernisse im Ausbreitungsweg in der Größenordnung der Wellenlänge des Schalls können jedoch entsprechend DIN ISO 9613-2 als Abschirmung berücksichtigt werden.

Für Reflexionsflächen gilt wie für Hindernisse, dass diese nur bei Abmessungen in der Größenordnung der Schallwellenlänge effektiv wirksam sind. Sie werden entsprechend DIN ISO 9613-2 berücksichtigt, wobei für ebene Reflektoren hier der Schallreflexionsgrad  $\rho = 1$  anzusetzen ist.

Für die Berechnung des Bodeneffekts bei tieffrequenten Geräuschen wird das allgemeine Verfahren nach DIN ISO 9613-2, Nr. 7.3.1 mit den Formeln für das Oktavband mit der Mittenfrequenz von 63 Hz empfohlen. Es kann jedoch auch auf das alternative Verfahren gemäß DIN ISO 9613-2, Nr. 7.3.2 zurückgegriffen werden.

Enthält das betrachtete tieffrequente Geräusch diskrete Spitzen im Frequenzspektrum, auch wenn diese über die Zeit frequenzvariabel sind, können bei Reflexionen, wie z. B. am Boden, konstruktive Überlagerungen des Direktschalls mit dem reflektierten Schall am Immissionsort auftreten. In diesem Fall verdoppelt sich aufgrund der phasengleichen Überlagerung des Schallsignals in etwa der Schalldruck und nicht dessen Quadrat. Entsprechend erhöht sich der Schalldruckpegel um etwa 6 dB und nicht nur um 3 dB. Dies wird hier als Sonderfall gesehen, sollte aber im Einzelfall bei entsprechenden Randbedingungen in Betracht gezogen und durch einen entsprechenden Reflexions-

zuschlag berücksichtigt werden. Bei der Bodenreflexion kommt dies infrage, wenn die Höhen von Quelle und Empfänger im Verhältnis zum Abstand sehr gering sind, da dann der Laufzeitunterschied zwischen Direktschall und reflektiertem Schall vernachlässigbar klein werden kann. Dies führt dann sogar bei nichtperiodischen tieffrequenten Signalen zu einer Verdopplung des Schalldrucks am Immissionsort.

Sofern keine frequenzabhängigen Effekte bei der Schallausbreitung außen zu berücksichtigen sind (Abschirmung, Reflexion) und auch die oben erwähnten konstruktiven Überlagerungen keine Rolle spielen, bietet es sich an, das einfachere Verfahren der überschlägigen Prognose gemäß TA Lärm zu nutzen. Meist wird dabei von dem Raumwinkelmaß  $K_0 = 3 \text{ dB}$  auszugehen sein.

Sind frequenzabhängige Effekte zu berücksichtigen, sollten diese nach Möglichkeit in Terzbändern berechnet werden. Übliche Software zur Schallausbreitungsrechnung, welche die Berechnungsmethoden der DIN ISO 9613-2 umsetzt, sieht dies allerdings nicht vor. Auch deckt die Norm nur den Frequenzbereich der Oktavbänder mit den Mittenfrequenzen von 63 Hz bis 8 kHz ab. Die Formeln aus der DIN ISO 9613-2, welche die Schallwellenlänge  $\lambda$  enthalten, können jedoch auf die hier interessierenden Terzbänder übertragen werden. Bei einfach gelagerten Fällen können die Effekte so mit einer Tabellenkalkulation außerhalb der Schallausbreitungsrechnungs-Software berechnet werden. In komplexen Fällen erscheint dies wegen des hohen Aufwandes und der Fehlermöglichkeiten unangemessen. Dann soll die Schallausbreitungsrechnung außen für das Oktavband mit der Mittenfrequenz von 63 Hz erfolgen und die ermittelte Dämpfung auf die Terzbänder mit den Mittenfrequenzen von 25 Hz bis 100 Hz angewendet werden.

## 3.2 Übertragung von außen nach innen

Die im Untersuchungsbericht (SCHULZE et al. 2021) angegebenen Schalldruckpegeldifferenzen  $D$  sind jeweils mit drei Indizes versehen, welche die nachfolgend genannten Unterscheidungen kennzeichnen:

- nach dem Charakter des einwirkenden Geräusches (Anregung)

Index b	Index t
<u>breitbandige Anregung:</u> Das FFT-Spektrum des von der Einzelanlage emittierten Geräusches weist <b>keine</b> anhaltend deutlich herausragenden Frequenzlinien auf. <u>Beispiele:</u> Brennergeräusche, Fackeln, Strömungsrauschen ...	<u>tonale Anregung:</u> Das FFT-Spektrum des von der Einzelanlage emittierten Geräusches weist <b>einzelne</b> anhaltend deutlich herausragende Frequenzlinien auf. <u>Beispiele:</u> Kolbenmaschinen (-motoren, -verdichter, -pumpen), Ventilatoren, Lichtbogenöfen, Schwingförderer, Drehkolbenpumpen ...
<u>Anmerkung:</u> Wirken auf einen Immissionsort tieffrequente Geräusche von mehreren Quellen mit breitbandigen <u>und</u> tonalen Emissionsspektren ein, sollen deren Immissionsanteile erst nach separatem Abzug der entsprechenden Schalldruckpegeldifferenz zusammengefasst, d. h. energetisch addiert werden.	

■ nach der Lage im Wertebereich

Index E	Index 90
arithmetische Mittelwerte der Terz-Schalldruckpegeldifferenzen über alle Messobjekte (Annahme der Normalverteilung)	untere Vertrauensbereichsgrenzen für eine Überschreitungswahrscheinlichkeit von 90 %, d. h. die Terz-Schalldruckpegeldifferenzen, die in 90 % aller Fälle überschritten werden (10er Perzentil)

■ nach dem Bezugspunkt außen

Index T	Index W
Immissionsort nach TA Lärm in 0,5 m Abstand zur Mitte des geöffneten Fensters	freier Immissionspunkt, dieser entspricht - bei der Schallausbreitungsrechnung nach Nr. 3.1: dem Immissionsort, auch wenn dieser an der Fassade vor dem Fenster des Aufenthaltsraumes liegt, bzw. - bei der Messung: einem Messpunkt im Freien (Ersatzmessort oder falls das Gebäude am Immissionsort noch nicht existiert)

Somit ergeben sich acht verschiedene Terz-Spektren von Schalldruckpegeldifferenzen:

Schalldruckpegeldifferenz	zur Berechnung des Schalldruckpegels im Raum auf Basis des Schalldruckpegels ...	bei Anregung durch ...
$D_{b,E,T}$ bzw. $D_{b90,T}$	am Immissionsort nach TA Lärm in 0,5 m Abstand zur Mitte des geöffneten Fensters	breitbandige tieffrequente Geräusche
$D_{t,E,T}$ bzw. $D_{t90,T}$		tonale tieffrequente Geräusche
$D_{b,E,W}$ bzw. $D_{b90,W}$	an einem freien Immissionspunkt	breitbandige tieffrequente Geräusche
$D_{t,E,W}$ bzw. $D_{t90,W}$		tonale tieffrequente Geräusche

Die Schalldruckpegeldifferenzen gelten für die Luftschallübertragung von außen in ein geschlossenes Gebäude hinein, in welchem sich keine Schallquellen befinden.

Die 35 untersuchten Messobjekte stellen eine Auswahl von Aufenthaltsräumen in Sachsen dar. Sie werden für übliche Bauten und Räume ohne gravierende bauakustische Mängel als repräsentativ für Sachsen angesehen. Die Ergebnisse sind bis zu einem gewissen Grad sicherlich auch auf andere Bundesländer übertragbar, was Gegenstand weiterer Untersuchungen sein könnte.

Je nach dem Zweck der Schallimmissionsprognose bzw. Schalldruckpegelberechnung, nach dem Geräuschcharakter sowie nach Lage des Immissionsortes bzw. Messpunktes ist das entsprechende Schalldruckpegeldifferenz-Spektrum auszuwählen. Für die Berechnung der Terz-Schalldruckpegel im Raum sind dann die in der folgenden Tabelle angegebenen Terz-Schalldruckpegeldifferenzen von den Terz-Schalldruckpegeln außen abzuziehen.

**Tabelle: Terz-Spektren der Schalldruckpegeldifferenzen zwischen außen und innen, Mittelwerte und untere Vertrauensbereichsgrenzen für 90-%ige Überschreitungswahrscheinlichkeit, bei breitbandiger und tonaler Anregung**

Terzmittenfrequenz in Hz	25	31,5	40	50	63	80	100
$D_{b,E,T}$ in dB	18,6	17,0	17,6	19,8	20,8	20,8	19,4
$D_{b90,T}$ in dB	9,2	11,0	10,5	13,0	14,2	14,9	14,1
$D_{t,E,T}$ in dB	15,2	14,5	14,2	17,1	17,3	16,5	15,1
$D_{t90,T}$ in dB	6,0	8,3	6,6	10,4	10,1	10,6	8,9
$D_{b,E,W}$ in dB	14,3	13,6	14,8	16,7	17,7	18,1	17,3
$D_{b90,W}$ in dB	4,6	6,7	8,4	9,9	11,7	12,2	12,2
$D_{t,E,W}$ in dB	11,3	11,1	11,4	13,9	14,2	13,8	13,9
$D_{t90,W}$ in dB	1,6	3,8	4,7	7,2	7,4	7,3	7,7

Quelle: SCHULZE, C., ECKERT, L. & HÜBELT, J.: Untersuchungen zur Schallimmissionsprognose bei tieffrequenten Geräuschen. Schriftenreihe des LfULG, Heft 9/2021

### 3.3 Wahl der geeigneten Schalldruckpegeldifferenz

Folgende Anwendungsfälle werden hier betrachtet:

#### 3.3.1 Festlegung maximal zulässiger Schallemissionen einer Anlage

Für die Genehmigung einer Anlage soll bestimmt werden, welche tieffrequenten Geräuschemissionen von der Anlage nicht überschritten werden dürfen, um erhebliche Belästigungen durch tieffrequente Geräusche an umliegenden Immissionsorten mit angemessener Sicherheit auszuschließen. In den Nebenbestimmungen des Genehmigungsbescheides sollen entsprechende Terz-Schallleistungspegel festgesetzt werden, deren Einhaltung später durch Emissionsmessung an der Anlage geprüft werden kann.

Die Schallausbreitungsrechnung erfolgt für einen freien Punkt außen (auch dann, wenn im Rechenmodell der Schallausbreitungsrechnungs-Software ein Immissionspunkt an einer Fassade modelliert wird). Um eine ausreichende Sicherheit zu gewährleisten, sind hier die unteren Vertrauensbereichsgrenzen der Schalldruckpegeldifferenzen heranzuziehen, je nach Art des anregenden Geräusches also  $D_{b90,W}$  oder  $D_{t90,W}$ .

#### 3.3.2 Messung am Immissionsort oder an einem Ersatzmessort

Sind in einem Genehmigungsbescheid einer Anlage Terz-Schallleistungspegel nach Nr. 3.3.1 festgelegt, ist deren Einhaltung bei der Inbetriebnahme und auch bei der Überwachung entsprechend durch eine Emissionsmessung zu prüfen. Immissionsseitige Messungen sind dazu nicht erforderlich. Sind jedoch im Genehmigungsbescheid keine derartigen Festlegungen zu tieffrequenten Schallemissionen der Anlage enthalten, können Immissionsmessungen angebracht sein.

Wirken auf einen Immissionsort tieffrequente Geräusche von mehreren Quellen mit breitbandigen und tonalen Emissionsspektren ein, soll die Auswahl der Schalldruckpegeldifferenz diesbezüglich danach getroffen werden, welcher Anteil am Immissionsort dominant ist.

### 3.3.2.1 Messung bei Inbetriebnahme einer Anlage

Bei Inbetriebnahme einer Anlage soll durch Messung an einem Ersatzmessort oder an einem Immissionsort abgeschätzt werden, ob die Anhaltswerte gemäß Beiblatt 1 zu DIN 45680 eingehalten werden.

Auch hier ist eine ausreichende Sicherheit zu gewährleisten und es sind somit die unteren Vertrauensbereichsgrenzen der Schalldruckpegeldifferenzen heranzuziehen. Je nach Art des anregenden Geräusches und nach Lage des Messpunktes sind dies  $D_{b90,T}$ ,  $D_{t90,T}$ ,  $D_{b90,W}$  oder  $D_{t90,W}$

### 3.3.2.2 Überwachungsmessungen an Anlagen

Bei einer Überwachungsmessung an einem Ersatzmessort oder an einem Immissionsort soll abgeschätzt werden, ob die Anhaltswerte gemäß Beiblatt 1 zu DIN 45680 eingehalten werden.

In diesem Fall wie auch bei orientierenden Messungen außen ist von den mittleren Terz-Schalldruckpegeldifferenzen auszugehen:  $D_{b,E,T}$ ,  $D_{t,E,T}$ ,  $D_{b,E,W}$  oder  $D_{t,E,W}$ .

### 3.3.3 Normgerechter Nachweis

Die Terz-Beurteilungspegel oder die maximalen Terz-Schalldruckpegel im Raum sollen gemäß DIN 45680 bestimmt werden.

Normkonform ist hier nur eine direkte Messung im Raum. Eine Berechnung genügt nicht.

## 3.4 Unsicherheit der Prognose

Gemäß TA Lärm ist bei Schallimmissionsprognosen eine Angabe zur Qualität der Prognose erforderlich. Auch das hier vorgeschlagene Verfahren beinhaltet Unsicherheiten, die zu quantifizieren sind, um das Ergebnis einordnen zu können.

Die Gesamtunsicherheit ergibt sich aus der Überlagerung der Unsicherheiten der Emissionsdaten der Anlage (Terz-Schallleistungspegel), der Schallausbreitungsrechnung außen sowie der Schalldruckpegeldifferenzen zwischen außen und innen.

### 3.4.1 Unsicherheit der Schallausbreitungsrechnung außen

Zusätzlich zu den in DIN ISO 9613-2 angegebenen Unsicherheiten kommen weitere, die sich daraus ergeben, dass hier einerseits ein abweichender Frequenzbereich betrachtet wird und andererseits die Berechnungen nicht in Oktaven, wie in der Norm vorgesehen, sondern in Terzen erfolgen, welche zudem noch für die Beurteilung maßgeblich sind. Die Unsicherheiten sind in Terzbändern aufgrund von Effekten durch Überlagerung kohärenter Signale größer als in Oktavbändern, wo sich solche Effekte teilweise aufheben.

Wie in Kapitel 3.1 beschrieben ist, können konstruktive Überlagerungen kohärenter Signale auftreten, aber auch destruktive bis hin zu völliger Auslöschung. Im Sinne einer konservativen Betrachtung muss die Möglichkeit der destruktiven Überlagerung nicht weiter berücksichtigt werden. Jedoch sollten die bei konstruktiver Überlagerung möglichen Pegelerhöhungen nicht vernachlässigt werden. Theoretisch ist eine Pegelerhöhung am Immissionsort in Höhe des anzusetzenden Raumwinkelmaßes  $K_0$  möglich, so dass dann das doppelte Raumwinkelmaß wirksam würde.

Anmerkung:  $K_0$  entspricht  $D_\Omega$  nach DIN ISO 9613-2, gegebenenfalls zuzüglich der Pegelerhöhung aufgrund der Bodenreflexion bei Anwendung des allgemeinen Verfahrens für den Bodeneffekt nach Nr. 7.3.1.

### **3.4.2 Unsicherheit der Schalldruckpegeldifferenzen außen - innen**

Die Schalldruckpegeldifferenzen zwischen außen und innen in der Tabelle sind mit dem arithmetischen Mittelwert und mit der unteren Vertrauensbereichsgrenze für eine Überschreitungswahrscheinlichkeit von 90 % angegeben. Die Differenz der beiden Werte ist die Unsicherheit für das Vertrauensniveau von 90 % des einseitig offenen Vertrauensintervalls bzw. von 80 % des beidseitig geschlossenen Vertrauensintervalls.

Da sich die Schalldruckpegeldifferenzen jeweils auf den energetischen Mittelwert der Schalldruckpegel an Messpunkten in den Raumecken innen beziehen, der den höchsten Schalldruckpegel im Raum repräsentiert, liegen sie in dieser Hinsicht auf der sicheren Seite.

# Literaturverzeichnis

- BGL (2012). Hinweise zur Genehmigung und Überwachung von Biogasanlagen in Mecklenburg-Vorpommern (Biogasleitfaden). Erlass des Ministeriums für Wirtschaft, Bau und Tourismus. 2012
- Beiblatt 1 zu DIN 45680:1997-03, Messung und Bewertung tieffrequenter Geräuschemissionen in der Nachbarschaft – Hinweise zur Beurteilung bei gewerblichen Anlagen
- DIN 45680:1997-03, Messung und Bewertung tieffrequenter Geräuschemissionen in der Nachbarschaft
- DIN ISO 9613-2:1999-10, Akustik - Dämpfung des Schalls bei der Ausbreitung im Freien - Teil 2: Allgemeines Berechnungsverfahren (ISO 9613-2:1996)
- SCHULZE, C., ECKERT, L. & HÜBELT, J.: Untersuchungen zur Schallimmissionsprognose bei tieffrequenten Geräuschen. Schriftenreihe des LfULG, Heft 9/2021
- TA Lärm. Sechste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm – TA Lärm). Vom 28. August 1998 (GMBI Nr. 26/1998 S. 503), zuletzt geändert durch Verwaltungsvorschrift vom 01.06.2017 (BAnz AT 08.06.2017 B5).

**Herausgeber:**

Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie  
(LfULG)

Pillnitzer Platz 3, 01326 Dresden

Telefon: +49 351 2612-0

Telefax: +49 351 2612-1099

E-Mail: [lfulg@smul.sachsen.de](mailto:lfulg@smul.sachsen.de)

[www.lfulg.sachsen.de](http://www.lfulg.sachsen.de)

**Autor:**

Christoph Fritzsche

Abteilung 5 / Referat 52 Immissionsschutz, Lärm

LfULG, Pillnitzer Platz 3, 01326 Dresden

Telefon: +49 351 2612-5209

Telefax: +49 351 2612-5099

E-Mail: [christoph.fritzsche@smul.sachsen.de](mailto:christoph.fritzsche@smul.sachsen.de)

**Redaktion:**

Christoph Fritzsche

Abteilung 5 / Referat 52 Immissionsschutz, Lärm

LfULG, Pillnitzer Platz 3, 01326 Dresden

Telefon: +49 351 2612-5209

Telefax: +49 351 2612-5099

E-Mail: [christoph.fritzsche@smul.sachsen.de](mailto:christoph.fritzsche@smul.sachsen.de)

**Foto:**

Fidel Karas

**Redaktionsschluss:**

24.03.2021

**ISSN:**

1867-2868

**Hinweis:**

Die Broschüre steht nicht als Printmedium zur Verfügung, kann aber als PDF-Datei unter <https://publikationen.sachsen.de> heruntergeladen werden.

**Verteilerhinweis**

Diese Informationsschrift wird von der Sächsischen Staatsregierung im Rahmen ihrer verfassungsmäßigen Verpflichtung zur Information der Öffentlichkeit herausgegeben.

Sie darf weder von Parteien noch von deren Kandidaten oder Helfern zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für alle Wahlen. Missbräuchlich ist insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen, an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken oder Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel. Untersagt ist auch die Weitergabe an Dritte zur Verwendung bei der Wahlwerbung.

*Täglich für  
ein gutes Leben.*

[www.lfulg.sachsen.de](http://www.lfulg.sachsen.de)