

Referat Lärm- und Strahlenschutz

Untersuchung von Brummtönen in der Steiermark

Projektbericht: September 2024



Impressum

Für den Inhalt verantwortlich
Abteilung 15 Energie, Wohnbau, Technik
Referat Lärm- und Strahlenschutz
Landhausgasse 7, 5. Stock, 8010 Graz
Telefon: +43 (316) 877 3776
E-Mail: laerm-strahlen@stmk.gv.at

Autor:
Dipl.-Ing. Dr. Florian Lackner, BSc

Titelbild
© Land Steiermark

Herausgeber
Amt der Steiermärkischen Landesregierung
Abteilung 15 Energie, Wohnbau, Technik
Landhausgasse 7, 8010 Graz
Telefon: +43 (316) 877 2931
E-Mail: abteilung15@stmk.gv.at
Internet: www.technik.steiermark.at

© Land Steiermark
Graz, im September 2024

Untersuchung von Brummtönen in der Steiermark

Projektbericht: September 2024

1. Einleitung.....	7
2. Infraschall und tieffrequente Geräusche.....	10
2.1 Mögliche Quellen.....	13
2.2 Beurteilungsgrundlagen.....	14
2.3 Die Beurteilungsgrundlage DIN 45680 im internationalen Vergleich.....	19
2.4 Kritische Betrachtung der DIN 45680 als Beurteilungsgrundlage.....	21
2.5 Wahrnehmungsschwelle und Hörschwelle.....	22
2.6 Der gesunde und normalempfindende Mensch als Beurteilungsgrundlage.....	23
2.7 Beschreibung der Wahrnehmungen von Betroffenen.....	23
2.8 Typische Verhältnisse in Wohnbereichen bei Brummtönen-Beschwerden.....	24
2.9 Wahrnehmung tieffrequenter Geräusche im Freien und in Gebäuden.....	24
2.10 Durchführung der Messungen.....	25
3. Der gesetzliche Auftrag im Zusammenhang mit der „Brummtonthematik“.....	28
4. Die Aufgabe der humanmed. ASV im Zusammenhang mit der „Brummtonthematik“.....	30
5. Messergebnisse.....	32
5.1 Fall 1 – Industrieanlage in Judenburg.....	32
5.2 Fall 2 – Betriebsanlage Knittelfeld.....	36
5.3 Fall 3 – Luftwärmepumpe Bezirk Graz-Umgebung 1.....	38
5.4 Fall 4 – Luftwärmepumpe Bezirk Graz-Umgebung 2.....	39
5.5 Fall 5 Bezirk Leibnitz – typische unspezifische Beschwerde mit Verdacht auf einen Bezug zu einer Betriebsanlage.....	41
5.6 Zusammenfassung der Messergebnisse.....	43
6. Zusammenfassung.....	45
7. Anhang.....	48
7.1 Abbildungsverzeichnis.....	48
7.2 Literaturverzeichnis.....	49
7.3 Tabellenverzeichnis.....	50

Projektbericht zur Untersuchung von Brummtönen in der Steiermark

Projektbericht zur Untersuchung von Brummtönen in der Steiermark

Seit dem Jahr 2021 kommt es in der Steiermark vermehrt zu Beschwerden bezüglich tieffrequenter Geräuschimmissionen (Brummtöne). Um diesen Beschwerden nachzugehen wurde vom Land Steiermark ein Projekt zur Untersuchung von Brummtönen initiiert. Im Rahmen dieses Projekts wurden die verwendeten Beurteilungsgrundlagen kritisch betrachtet, woraus sich in weiterer Folge eine Weiterentwicklung der gängigen Beurteilungspraxis ergeben hat.

Bis März 2024 wurden 46 Beschwerden bezüglich tieffrequenter Geräuschimmissionen verzeichnet, acht davon wurden ausgewählt und im Rahmen der Projektarbeiten im Detail analysiert. Die Auswahl der untersuchten Fälle ergibt sich dabei aus den gesetzlichen Rahmenbedingungen, so können nur Fälle untersucht werden, denen auch ein Auftrag zugrunde liegt. Ein gesetzlicher Auftrag kann wiederum nur von einer Behörde erteilt werden, wenn ein Zusammenhang zwischen der Beschwerde und einer behördlich genehmigten Anlage hergestellt werden kann. Bei den in vielen Fällen vorliegenden unspezifischen Wahrnehmungen stehen dem Amt der Steiermärkischen Landesregierung – unter Bezugnahme auf die Geschäftseinteilung – keine rechtlichen Möglichkeiten offen, um tätig zu werden und mögliche Verursacher der Brummtöne auszuforschen. Selbst aus der („General“)-Zuständigkeit „Umweltrecht: Allgemeines und Koordinierung“ ergibt sich keine Grundlage, anhand derer ein Einschreiten seitens des Amtes in unspezifischen Beschwerdefällen abgeleitet werden könnte.

Die durchgeführten Messungen ergaben, dass in den betroffenen Wohnräumen typischerweise besonders leise Verhältnisse herrschen, mit Schalldruckpegeln von zum Teil deutlich unter 15 dB. Aufgrund der Vielzahl an künstlichen, aber auch natürlichen Schallquellen in unserer Umwelt sind niedrigere Schalldruckpegel, also Bedingungen die einer absoluten Ruhe gleichen, unter normalen Umständen nicht zu erwarten. Im Gegensatz dazu wird die Situation vor Ort von den Beschwerdeführern und Beschwerdeführerinnen als stark belästigend und zum Teil als unerträglich beschrieben. Auf Basis der im Rahmen der Projektarbeiten weiterentwickelten Beurteilungspraxis können jedoch die Wahrnehmungen der Betroffenen in vielen Fällen, aufgrund statistischer Überlegungen, durchaus nachvollzogen werden. Die detaillierte Analyse der untersuchten Fälle zeigt, dass in lediglich einem Fall eine objektiv erhebliche Belästigung durch tieffrequente Immissionen gemäß den einschlägigen Normen und Regelwerken festgestellt werden kann, wobei hier der Betrieb einer Luftwärmepumpe als Ursache identifiziert wurde. In zwei weiteren Fällen haben sich Immissionen im normalen Hörschallbereich als mögliche Ursache herausgestellt, es handelt sich also nicht in allen Fällen tatsächlich um Brummtöne-Beschwerden. In einigen Fällen kann eine Belastung durch externe tieffrequente Schallquellen mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit jedoch auch ausgeschlossen werden, möglicherweise liegen einem Teil der Beschwerden daher auch interne, individualmedizinisch abzuklärende Ursachen (z.B. Tinnitus) zu Grunde. Eine objektive Beurteilung einer möglichen Gesundheitsgefährdung bzw. einer unzumutbaren Belästigung durch den medizinischen Amtssachverständigen erfolgt dabei nach dem gesetzlich vorgegebenen Maßstab eines gesunden und normalempfindenden Menschen. Besonders sensible oder vorbelastete Personen können daher nicht berücksichtigt werden.

Im internationalen Vergleich ist dabei das Schutzniveau, welches in der Beurteilung der Amtssachverständigen des Landes zur Anwendung kommt, als hoch zu bewerten. Erkenntnisse aus der Forschung, die seit Erscheinen der angewendeten normativen Grundlage im Jahr 1997 gewonnen wurden, werden in der Beurteilungspraxis bereits miteinbezogen. Beispiele hierfür sind die Berücksichtigung individuell unterschiedlicher Hörschwellen und die dezidierte Betrachtung des Infraschallbereichs mittels G-bewerteter Schalldruckpegel. Aus dem vorliegenden Projektbericht wird evident, dass die aktuelle Vorgehensweise der Sachverständigen des Landes dem Stand der Technik entspricht, darüber hinaus wird der aktuelle Stand der Wissenschaft in der Beurteilung mitberücksichtigt.

Einleitung

1. Einleitung

Im Jahr 2021 erhielt die Abteilung 15 Energie, Wohnbau und Technik des Amtes der Steiermärkischen Landesregierung erstmals Beschwerden aus der Bevölkerung über sogenannte Brummtöne, die in weiterer Folge größere öffentliche Aufmerksamkeit erfahren haben. Dies betraf zunächst eine Familie im Raum Deutschlandsberg, gefolgt von einer weiteren Beschwerde aus dem Bezirk Liezen. Diese beiden Fälle wurden in langwierigen Messungen, die sich über Wochen erstreckten, von der Abteilung 15 des Landes Steiermark untersucht. Tieffrequente Geräusche in einem Ausmaß, welches eine Handlung seitens der Behörde implizieren würde, wurden dabei nicht gefunden. Die Messungen in diesen beiden Fällen lieferten Schalldruckpegel im tieffrequenten Bereich, welche weit unter der gängigen Normhörschwelle liegen.

In weiterer Folge erfolgte eine mediale Berichterstattung bezüglich der Brummtonthematik in der Steiermark, damit einher ging ein Anstieg der Anzahl an Beschwerden. Als Reaktion darauf wurde von der Abteilung 15 des Amtes der Steiermärkischen Landesregierung ein internes Projekt gestartet, seither erfolgt eine einheitliche und systematische Erfassung aller brummtonebezogenen Beschwerden mittels zu diesem Zwecke entworfener Erhebungsblätter. Mittlerweile werden alle diesbezüglichen Beschwerden und Anfragen zentral in der Abteilung 13 (Umwelt und Raumordnung) an einer hierfür eingerichteten Stelle erfasst und bearbeitet. Ein erstes Resultat dieser Vorgangsweise ist die in Abb. 1 dargestellte Karte, welche die Erkennung von in der Steiermark besonders belasteten Gebieten ermöglicht, falls gehäufte Vorkommen von Beschwerdefällen in bestimmten Regionen auftreten.

Seit dem Jahr 2021 sind 46 Beschwerden beim Amt der Steiermärkischen Landesregierung eingegangen (Stand: März 2024). Von der Abteilung 15 wurden im Rahmen der Projektarbeiten acht Fälle ausgewählt und eingehend untersucht, Ergebnisse zu diesen Fällen werden im vorliegenden Bericht präsentiert. Der bisherige Aufwand zur Untersuchung der Beschwerden beläuft sich auf 57 Messtage. Zusätzlich wurde Zeit im Ausmaß mehrerer Wochen in die Auswertung der Daten, die Fortbildung der Mitarbeiter sowie dem Erstellen von Gutachten investiert.

Eine Zusammenfassung der Ergebnisse ist Gegenstand dieses Berichts. Die Arbeiten erfolgten in Zusammenarbeit mit der Abteilung 13 und den medizinischen Sachverständigen der Abteilung 8.

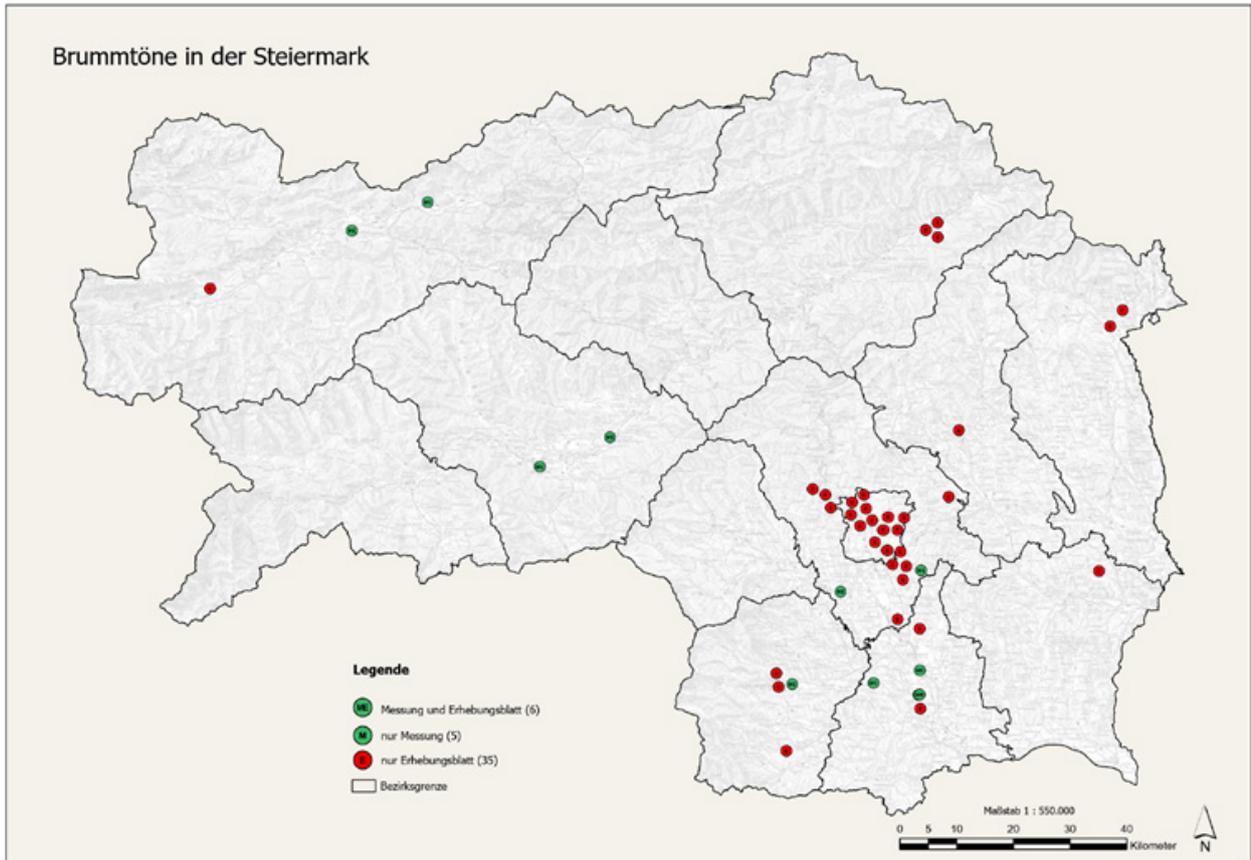


Abb. 1: Verteilung der beim Amt der Steiermärkischen Landesregierung eingegangenen und bearbeiteten Brummtönfälle in der Steiermark (Stand: 03/2024).

Infraschall und tieffrequente Geräusche

- Mögliche Quellen
- Beurteilungsgrundlagen
- Die Beurteilungsgrundlage DIN 45680 im internationalen Vergleich
- Kritische Betrachtung der DIN 45680 als Beurteilungsgrundlage
- Wahrnehmungsschwelle und Hörschwelle
- Der gesunde und normalempfindende Mensch als Beurteilungsgrundlage
- Beschreibung der Wahrnehmungen von Betroffenen
- Typische Verhältnisse in Wohnbereichen bei Brummtön-Beschwerden
- Wahrnehmung tieffrequenter Geräusche im Freien und in Gebäuden
- Durchführung der Messungen

2. Infraschall und tieffrequente Geräusche

Gegenstand dieser Erhebung sind sogenannte „Brummtöne“ bzw. „Brummgeräusche“. Bei diesem Phänomen handelt es sich um tieffrequente Schalle, die von manchen Personen wahrgenommen und als belästigend empfunden werden können. Als tieffrequenter Schall wird im Folgenden Schall im Frequenzbereich von 8 bis 100 Hz verstanden, diese Definition richtet sich nach der in der Beurteilung verwendeten Norm DIN 45680 (1) (erweiterter Bereich). Da sich der angegebene Bereich auf Terzbänder bezieht, ist anzumerken, dass die obere Grenze für tieffrequente Geräusche in diesem Bericht genaugenommen bei 112 Hz liegt, dem oberen Ende des 100 Hz Terzbandes.

Unter einer Grenze von 16 Hz beginnt in der technischen Akustik definitionsgemäß der Infraschallbereich, in diesem Bereich können Geräusche vom Menschen üblicherweise nicht mehr oder nur bei sehr hohen Schalldruckpegeln mit dem Gehörsinn wahrgenommen werden, wobei die genaue Grenze von Person zu Person sowohl hinsichtlich des wahrnehmbaren Frequenzbereichs als auch der Lautstärke unterschiedlich ist (1). Abb. 2 zeigt schematisch die Empfindlichkeit des menschlichen Hörvermögens im normalen Hörschallbereich und im tieffrequenten Schallbereich, einschließlich der Hörschwelle und der Schmerzgrenze. Am empfindlichsten ist das menschliche Gehör dabei im Bereich zwischen 2000 – 5000 Hz, wie sich anhand des frequenzabhängigen Verlaufs der Hörschwelle erkennen lässt.

Ungefähr bei 100 Hz beginnt der Übergang vom normalen Hörschall hin zum Bereich des tieffrequenten Schalls. Ab circa 60 Hz verschwindet das normale Hörempfinden und die Ton- und Tonhöhen- sowie die Lautstärkeempfindung sind nicht mehr voll ausgeprägt, Töne werden als rau empfunden, einhergehend mit einer zusätzlichen Vibrationsempfindung. Im Infraschallbereich unter ca. 20 Hz existiert dann kein kontinuierlicher Höreindruck mehr, Schall wird als diskontinuierliche Pulsation wahrgenommen, zusätzlich zu einer Vibrationsempfindung (2) (3). Diese Übergänge sind in Abb. 3 graphisch dargestellt, entnommen aus Referenz (2).

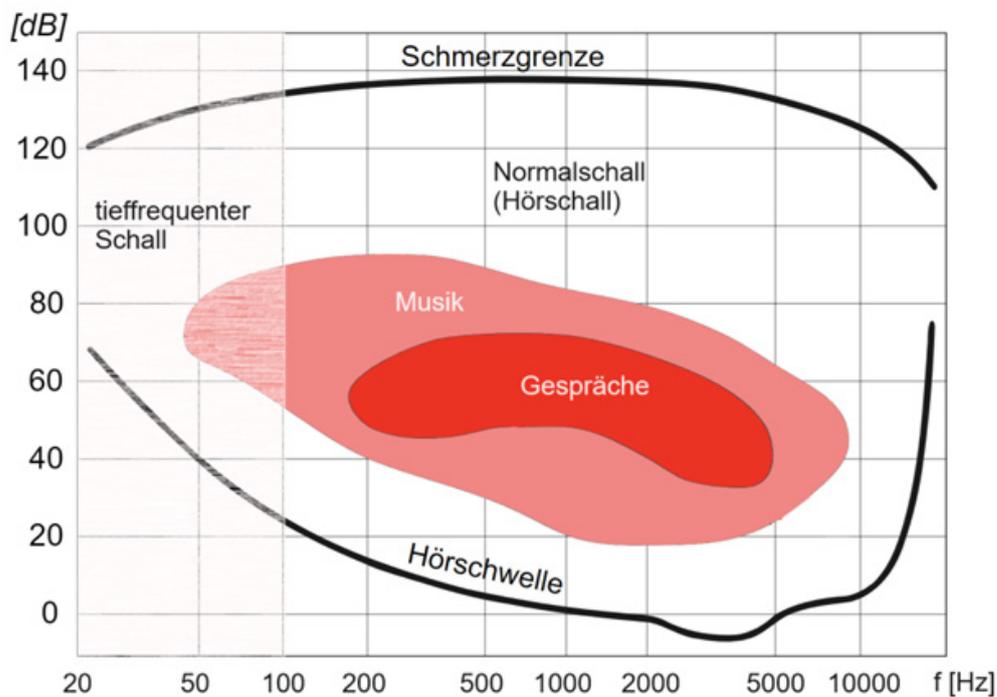


Abb. 2: Schematische Darstellung der Hörfläche des normalempfindenden Menschen als Schalldruckpegel in Abhängigkeit von der Frequenz.

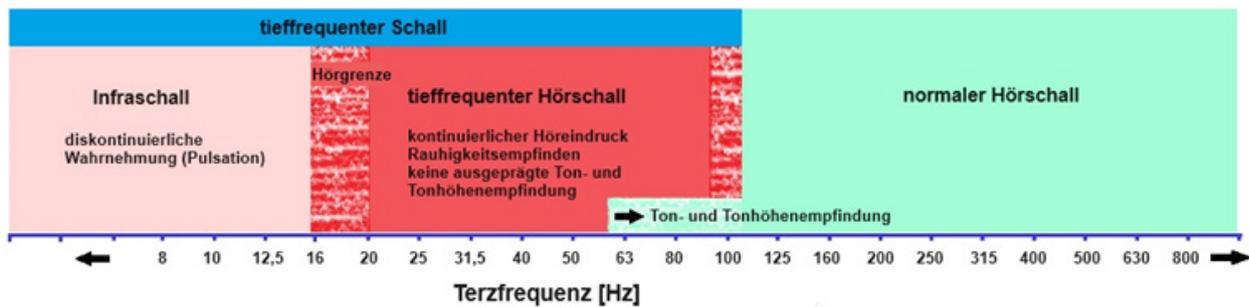


Abb. 3: Unterscheidung in Hörschall, tieffrequenter Schall und Infraschall. Die Grenze zwischen Infraschall und tieffrequenterem Schall ist in der technischen Akustik mit 16 Hz festgelegt.

Eine Kenngröße des Schalls ist dabei die Wellenlänge, welche durch den Abstand zwischen zwei Wellenbergen einer Schallwelle gekennzeichnet ist. Die Wellenlänge ist dabei umgekehrt proportional zur Frequenz, das heißt, je niedriger die Frequenz ist, desto größer ist die Wellenlänge. Im hochfrequenten Bereich liegt die Wellenlänge bei nur wenigen cm (10000 Hz – 3,4 cm). Bei 100 Hz beträgt die Wellenlänge bereits 3,4 m und bei 1 Hz bereits 340m. Diese Zusammenhänge sind in Abb. 4 dargestellt, entnommen aus Referenz (5).

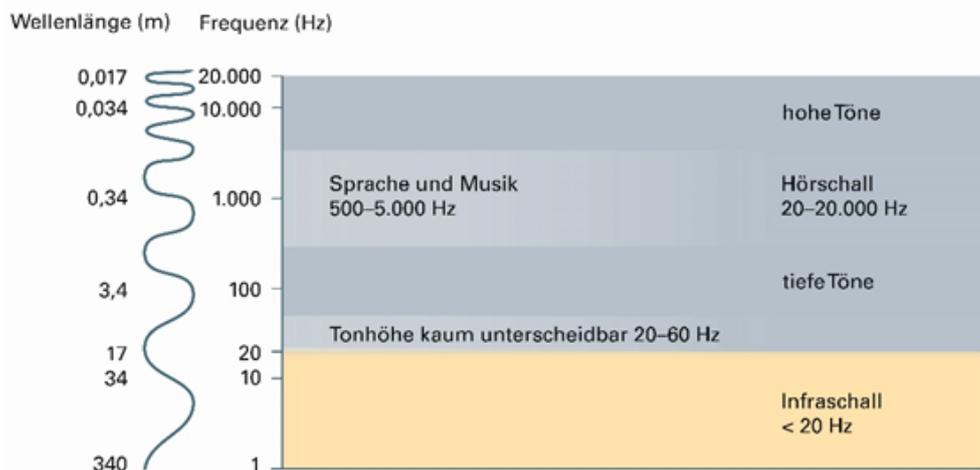


Abb. 4: Zusammenhang von Wellenlänge und Frequenz, Quelle: Referenz (4, Bayerisches Landesamt für Umwelt, reproduziert mit Zustimmung des Urhebers.

Aufgrund der großen Wellenlängen unterscheidet sich die Ausbreitungscharakteristik des tieffrequenten Schalls von jener des normalen Hörschalls. Hindernisse wie Hügel, Mauern oder Häuser können den Schall in diesem Frequenzbereich nicht mehr effektiv abschirmen. Auch die Dämpfung durch die Luft ist vernachlässigbar, es gilt jedoch grundsätzlich weiterhin die geometrische Abschwächung, wonach eine Verdopplung des Abstands von einer Quelle mit einer Reduktion des Schalldruckpegels um 6 dB einhergeht. Dies führt dazu, dass sich tieffrequente Anteile im Emissionsspektrum einer Quelle weiter ausbreiten können, als die hochfrequenten Komponenten.

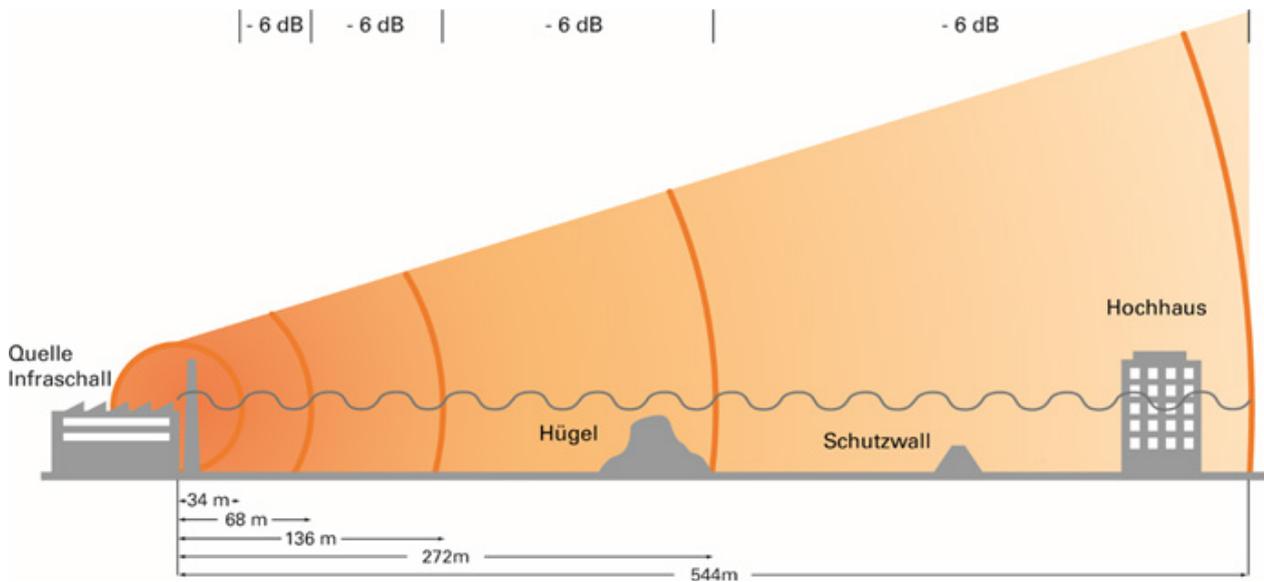


Abb. 5: Schematische Darstellung der Ausbreitung von tieffrequenten Schallwellen, Quelle: Referenz (5), Bayrisches Landesamt für Umwelt, reproduziert mit Zustimmung des Urhebers.

2.1 Mögliche Quellen

In den vergangenen zwei Jahrzehnten wurde eine Vielzahl von Studien zu tieffrequenten Immissionen durchgeführt. Mögliche Quellen sind mittlerweile sehr gut bekannt (5), (4), (6).

Hierzu zählen auch natürliche Quellen von tieffrequenten Geräuschen, zu denen zum Beispiel die folgenden zählen:

- Wasserfälle
- Vulkanausbrüche
- Meeresbrandung
- Lawinen
- und insbesondere Wind, Stürme und Unwetter, sowie Donner bei Gewitter.

Zu den künstlichen Quellen zählen vor allem Anlagen, die im Zusammenhang mit der Energiewende stehen, aber auch der Straßenverkehr kann in manchen Regionen eine maßgebliche Quelle darstellen. Folgende künstliche Quellen sind dabei zu nennen:

- Energieerzeugungsanlagen und Industrieanlagen:
 - Biogasanlagen
 - Heizwerke
 - Windenergieanlagen
 - Große Gasturbinen
 - Pump- und Umspannstationen
 - Wärmepumpen
 - Lüftungen
 - Verdichterstationen
 - Stanzen, Rüttler
 - Kompressoren
 - Pumpen
- Verkehrsmittel (LKW, Flugzeuge, Hubschrauber)
- Sprengungen und Explosionen
- Leistungsfähige Lautsprecher (Diskotheken)

Weiters finden sich auch Quellen im Inneren von Wohngebäuden, die in typischen Haushalten zu finden sind, welche Anlass zu Beschwerden bezüglich tieffrequenter Geräusche sein können. Diese Quellen können grundsätzlich relativ einfach durch eine Stromabschaltung im Gebäude identifiziert werden. Als Beispiel sind zu nennen (7):

- Kompressoren (z.B. Kühlschränke) und Pumpen
- Lüftungen
- Waschmaschinen

Die in Betracht kommenden Quellen sind also sehr vielfältig, dies macht insbesondere in dicht bebautem Gebiet die Suche nach Ursachen schwierig.

2.2 Beurteilungsgrundlagen

Zur Beurteilung von tieffrequenten Immissionen wird in der Verwaltungspraxis üblicherweise die Norm DIN 45680 „Messung und Bewertung tieffrequenter Geräuschemissionen in der Nachbarschaft“ aus dem Jahr 1997 (1) herangezogen. Diese Norm gibt im Beiblatt 1 (8) Anhaltswerte an, bei deren Überschreitung mit einer erheblichen Belästigung zu rechnen ist.

Anwendungsgebiet der Norm sind dabei schutzbedürftige Räume im Innenbereich von Gebäuden, es handelt sich dabei also nicht um eine Messvorschrift zur Messung von Immissionen im Freien. Entscheidend für die Anwendbarkeit des Beurteilungsverfahrens gemäß DIN 45680 ist das folgende Kriterium:

$$L_{\text{Ceq}} - L_{\text{Aeq}} > 20 \text{ dB}$$

Wenn also der C-bewertete energieäquivalente Dauerschallpegel L_{Ceq} den A-bewerteten Pegel L_{Aeq} um 20 dB übersteigt, liegen gemäß Norm tieffrequente Immissionen vor. Sofern dieses Kriterium erfüllt wird, ist gemäß Norm eine Terzbandanalyse durchzuführen und die tieffrequenten Immissionen können normgemäß bewertet werden.

Hintergrund dieser Bedingung ist, dass der A-bewertete Schalldruckpegel die frequenzabhängige Empfindlichkeit des menschlichen Gehörs nachbildet und damit eher Beiträge im Hörschallbereich berücksichtigt werden. Im Gegensatz dazu bezieht das C-Filter bzw. der C-bewertete Schalldruckpegel Beiträge von Terzbändern im tieffrequenten Frequenzbereich mit einer höheren Gewichtung mit ein. Aus der Differenz kann somit auf den tieffrequenten Anteil an den insgesamt (unbewerteten) eintreffenden Immissionen bestimmt werden. Die beiden Filterkurven sind in Abb. 6 dargestellt, zusätzlich ist das G-Filter abgebildet, *vide infra*. Zusätzlich bringt diese Bedingung zum Ausdruck, dass das Fehlen von Immissionen im Hörschallbereich die Wahrnehmung im tieffrequenten Bereich begünstigt. Der tieffrequente Anteil wird also nicht durch höherfrequente Schallanteile überdeckt bzw. maskiert (9).

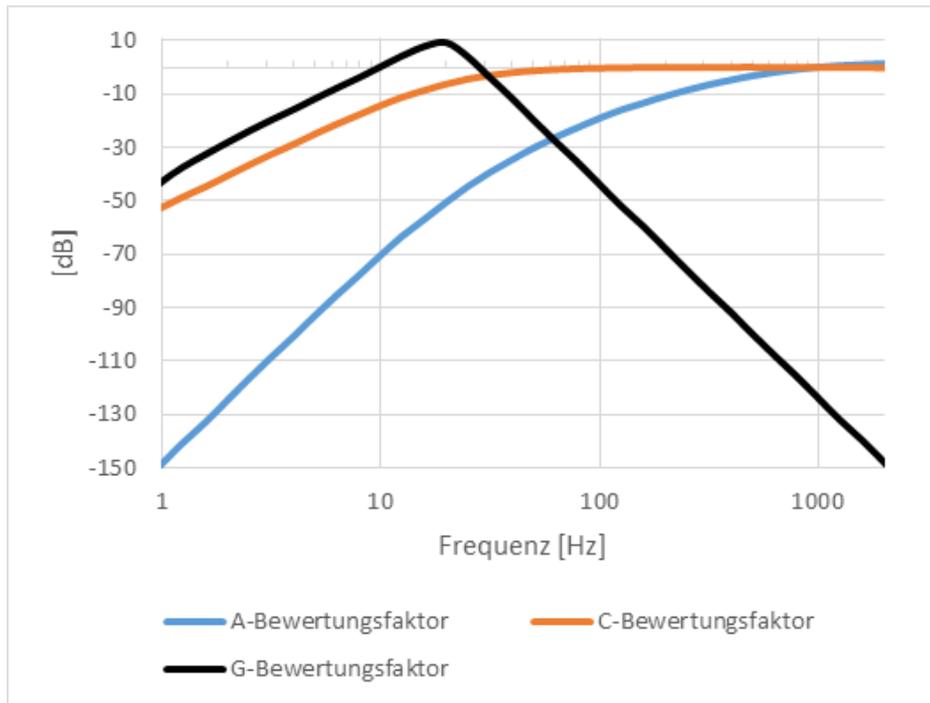


Abb. 6: Darstellung der in dieser Arbeit verwendeten Bewertungsfunktionen in Abhängigkeit der Frequenz.

Grundlage einer Bewertung gemäß Norm bildet dabei die in der DIN 45680 angegebene Hörschwelle in Abhängigkeit der Terzmittenfrequenz, siehe Tab. 1, reproduziert von Referenz (1).

Tab. 1: Hörschwellenpegel L_{HS} in Abhängigkeit von der Terzmittelfrequenz gemäß DIN 45680 (1).

Terzmittenfrequenz Hz	Pegel L_{HS} dB
8	103
10	95
12,5	87
16	79
20	71
25	63
31,5	55,5
40	48
50	40,5
63	33,5
80	28
100	23,5

Aus der Betrachtung der Tabelle zeigt sich die Tendenz, dass mit sinkender Frequenz der Pegel, welcher notwendig ist, um die Hörschwelle zu überschreiten, stark ansteigt. Liegt die Hörschwelle bei 80 Hz noch bei 23,5dB, so sind bei 10 Hz demnach 95dB notwendig, um das Geräusch mit dem Gehör wahrzunehmen. Das

menschliche Gehör ist also umso unempfindlicher, je tiefer die Frequenz des Schalls ist. Erwähnenswert ist hierbei, dass die Kurven gleicher Lautheit im tiefen Frequenzbereich enger beisammen liegen als im Hörschallbereich (10).

Gemäß Beiblatt 1 der DIN 45680 wird nun zunächst aus den messtechnisch erfassten Pegelwerten $L_{Terz,eq}$ für jede Terzmittenfrequenz der Beurteilungspegel unter Berücksichtigung der Einwirkzeit T_e und der Beurteilungszeit T_r (Tag oder Nacht) bestimmt:

$$L_{Terz,r} = L_{Terz,eq} + 10 \log \frac{T_e}{T_r} \text{ [dB]} \quad \text{¶}$$

Bei Dauergeräuschen entspricht der Terzbeurteilungspegel $L_{Terz,r}$ den gemessenen Terzpegeln. Der Terzbeurteilungspegel wird im nächsten Schritt mit den in Tab. 1 gelisteten Hörschwellenpegelwerten LHS verglichen. Hier ist zunächst darauf hinzuweisen, dass zwischen zwei Fällen unterschieden wird: (i) Einerseits gibt es Anhaltswerte für Fälle, in denen einzelne Frequenzen deutlich hervortreten, wenn der Terzbandpegel die Nachbar-Terzen um +5dB übersteigt und andererseits (ii) gibt es Anhaltswerte für den Fall eines stetigen breitbandigen Spektrums ohne hervortretende Einzelfrequenzen. Damit wird die Tatsache berücksichtigt, dass Einzeltöne, die sich deutlich vom Hintergrund abheben, also tonhaltige Geräusche, vom Menschen üblicherweise als besonders belästigend empfunden werden.

(i) Im Falle von breitbandigen Geräuschen wird gemäß DIN 45680 die Summe der A-bewerteten Terzbeurteilungspegel aus denjenigen unbewerteten Terzbeurteilungspegeln $L_{Terz,r}$ gebildet, welche die Hörschwelle LHS überschreiten:

$$L_r = 10 \log \sum_i 10^{0,1(L_{Terz,r,i} + K_{Ai})}$$

Wobei K_{Ai} die Korrekturwerte der A-Bewertung angeben. Der somit ermittelte Beurteilungspegel L_r ist mit den Anhaltswerten in Tab. 2 zu vergleichen.

Weiters ist der maximal während der Messung erfasste Terzschalldruckpegel $L_{TerzFmax}$ (A-bewertet L_{AFmax}), welcher einem bestimmten Ereignis zugeordnet werden kann, mit den Anhaltswerten in Tab. 2 zu vergleichen.

Bei Überschreitungen der Anhaltswerte kann in der Regel von einer erheblichen Belästigung ausgegangen werden. Die Tagesstunden liegen hierbei zwischen 06:00 Uhr und 22:00 Uhr, der Nachtzeitraum erstreckt sich von 22:00 Uhr bis 06:00 Uhr, wobei üblicherweise die ungünstigste Stunde zu beurteilen ist.

Tab. 2: Anhaltswerte für das Vorliegen von in der Regel erheblichen Belästigungen für den Fall (i) ohne deutlich hervortretende Einzeltönen aus DIN 45680, Beiblatt 1.

Beurteilungszeit	L_r dB	L_{AFmax} dB
Tagesstunden	35	45
Nachtstunden	25	35

(ii) Die Kriterien für den Fall von hervortretenden Einzeltönen, d.h. tonhaltigen Geräuschen, sind im Vergleich zu Fall (i) strenger angelegt. In diesem Fall lassen sich die Anhaltswerte, bei deren Überschreitung mit erheblichen Belästigungen zu rechnen ist, als Grenzkurve anschaulich darstellen. Die korrespondierenden Anhaltswerte sind in Tab. 3 aufgelistet, reproduziert aus Referenz (8). Aus diesen Anhaltswerten und der Hörschwelle in Tab. 1 kann die Grenzkurve für den Beurteilungszeitraum Tag und Nacht gebildet werden. Dabei bezieht sich die linke Spalte in Tab. 3 auf energieäquivalente Dauerschallpegel, d.h. die Terzbeurteilungspegel $L_{Terz,r}$ für die jeweilige Beurteilungszeit T_r und die rechte Spalte auf den maximalen Terzschalldruckpegel $L_{TerzFmax}$.

Zur Beurteilung dienen dabei die Differenzen $\Delta L_1 = L_{Terz,r} - L_{HS}$ und $\Delta L_2 = L_{TerzFmax} - L_{HS}$. Auch dabei erfolgt also wieder ein Vergleich mit der Hörschwelle nach DIN 45680. Die strengsten Kriterien ergeben sich dabei für den Bereich 10 bis 63 Hz, für welchen gemäß der Norm bereits das Erreichen der Hörschwelle zu einer erheblichen Belästigung führt. Dabei gelten in der Nacht (22:00 Uhr – 06:00 Uhr) um 5 dB strengere Anhaltswerte als während des Tags (06:00 Uhr – 22:00 Uhr). Im Folgenden werden hier hauptsächlich die Nachtwerte herangezogen, da die Betroffenen üblicherweise für diesen Zeitraum die am stärksten wahrgenommen störenden Geräusche berichten.

Tab. 3: Anhaltswerte bei deutlich hervortretenden Einzeltönen aus DIN 45680, Beiblatt 1

Beurteilungszeit	Differenzen nach Gleichung 1							
	ΔL_1 dB bei Terzmittenfrequenz				ΔL_2 dB bei Terzmittenfrequenz			
	8 Hz	10 bis 63 Hz	80 Hz	100 Hz	8 Hz	10 bis 63 Hz	80 Hz	100 Hz
Tagesstunden	5	5	10	15	15	15	20	25
Nachtstunden	0	0	5	10	10	10	15	20

ANMERKUNG: Die Terzen mit den Mittenfrequenzen von 8 Hz oder 100 Hz sollen nur in Sonderfällen berücksichtigt werden (siehe DIN 45680).

Ein Vergleich der aus der Tabelle abgeleiteten Grenzkurven gemäß DIN 45680 in Abb. 7 (rot und grau) mit der Hörschwelle gemäß DIN 45680 zeigt, dass im Zeitraum Nacht die beiden Kurven unter 63 Hz zusammenfallen. Das Überschreiten der Hörschwelle genügt also bereits, um auch den Anhaltswert zu überschreiten. Ein Vergleich zur Normhörschwelle gemäß ÖNORM EN ISO 389-7 (11) (bzw. EN ISO 226 (12)) zeigt, dass die angewendete Grenzkurve im Zeitraum Nacht sogar unter der üblicherweise angewendeten (z.B. für Hörtests, Norm zur Kalibrierung audiometrischer Geräte) Normhörschwelle liegt.

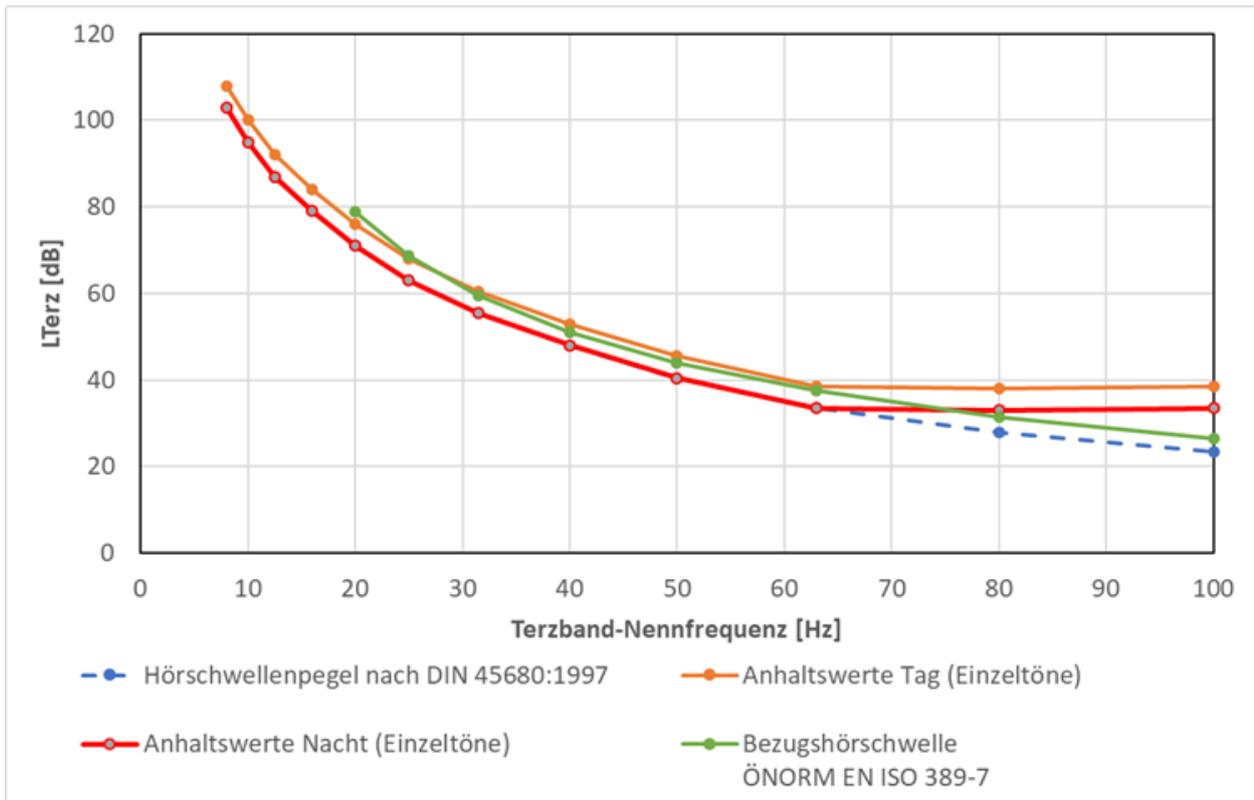


Abb. 7: Vergleich der Anhaltswerte für erhebliche Belästigung gemäß DIN 45680 bei hervortretenden Einzeltönen für den Beurteilungszeitraum Tag (orange) und Nacht (rot) im Vergleich zur Hörschwelle gemäß DIN 45680 und ÖNORM EN ISO 389-7 (12) bzw. (13).

2.3 Die Beurteilungsgrundlage DIN 45680 im internationalen Vergleich

Tieffrequente Immissionen sind ein weltweites Phänomen und somit existieren auch in vielen Ländern unterschiedliche Grenzwerte in Form von Grenzkurven oder Grenzwerten. Eine Zusammenstellung ist zum Beispiel in Referenz (13) zu finden. Besonders erwähnenswert sind hierbei die skandinavischen Länder, wo sich insbesondere auch im Zusammenhang mit der zunehmenden Zahl von Windkraftanlagen Grenzwerte für tieffrequente Immissionen seit längerer Zeit etabliert haben, siehe zum Beispiel Referenz (14). Eine Auswahl an international verwendeten Grenzwerten, sowohl für tieffrequente Immissionen als auch für Infraschall, ist in Abb. 8 dargestellt. Im Vergleich zu diesen Grenzkurven sind in der Abbildung zusätzlich noch die Hörschwellen gemäß EN ISO 226 (12) (identisch mit den Werten aus ÖNORM EN ISO 389-7) gezeigt. Auf Basis dieser Hörschwellenkurve kann mittels ISO 28961 (15) eine sogenannte 1%-Perzentil Hörschwelle berechnet werden (siehe auch Ref. (16)). Diese 1%-Perzentil Hörschwelle gibt diejenige Schwelle an, unter der statistisch gesehen nur mehr 1 % der Bevölkerung ein Geräusch hören können. In Referenz (2) wird diese Kurve mit der Bezeichnung als Wahrnehmungsschwelle eingeführt, eine Definition, welche im Folgenden übernommen wird.

Grenzwerte im Infraschallbereich sind spärlich zu finden, existieren aber zum Beispiel in Dänemark (Abb. 8) und Japan, die beiden Kurven sind links in Abb. 8 zu sehen. Diese Grenzwerte beziehen sich auf sogenannte G-bewertete Schalldruckpegel, wobei das G-Filter zur Messung von Infraschall entwickelt wurde (17). Der Grenzwert liegt in Dänemark (14) zum Beispiel bei 85 dB.

Für den tieffrequenten Bereich wird ersichtlich, dass das Schutzniveau, welches sich aus der angewendeten Norm DIN 45680 ergibt, im internationalen Vergleich relativ hoch ist. Im Bereich um 60 Hz gehört die Norm zu den strengsten, darunter und darüber gibt es lediglich in Polen bzw. in den Niederlanden strengere Anhaltswerte. Es zeigt sich weiter, dass in einigen Ländern Grenzwerte auch für den Bereich über 100 Hz vorgesehen sind. Dieser Bereich ist auch im Rahmen der Überarbeitung der DIN 45680 in Diskussion, zurzeit beschränkt sich die Beurteilung jedoch auf den Bereich unter 112 Hz. Im Frequenzbereich unter 50 Hz zeigt sich, dass die Grenzkurven durchwegs unter der Normhörschwelle (11) (12) liegen, ein Hinweis darauf, dass aufgrund der engen beisammen liegenden Kurven gleicher Lautheit in diesem Bereich das Schutzniveau verschärft werden muss, um das Auftreten von erheblichen Belästigungen hintanzustellen. Weiters zeigt sich, dass es, mit Ausnahme von Polen unter 20 Hz, keinen internationalen Beurteilungsmaßstab gibt, welcher unter die 1%-Perzentil Hörschwelle fällt.

Zusammenfassend zeigt sich aus dieser Betrachtung, dass das Schutzniveau, welches sich aus der Anwendung der DIN 45680 ergibt, hoch ist und der in der Steiermark angewendete Maßstab international gesehen daher als sehr gut bezeichnet werden kann.

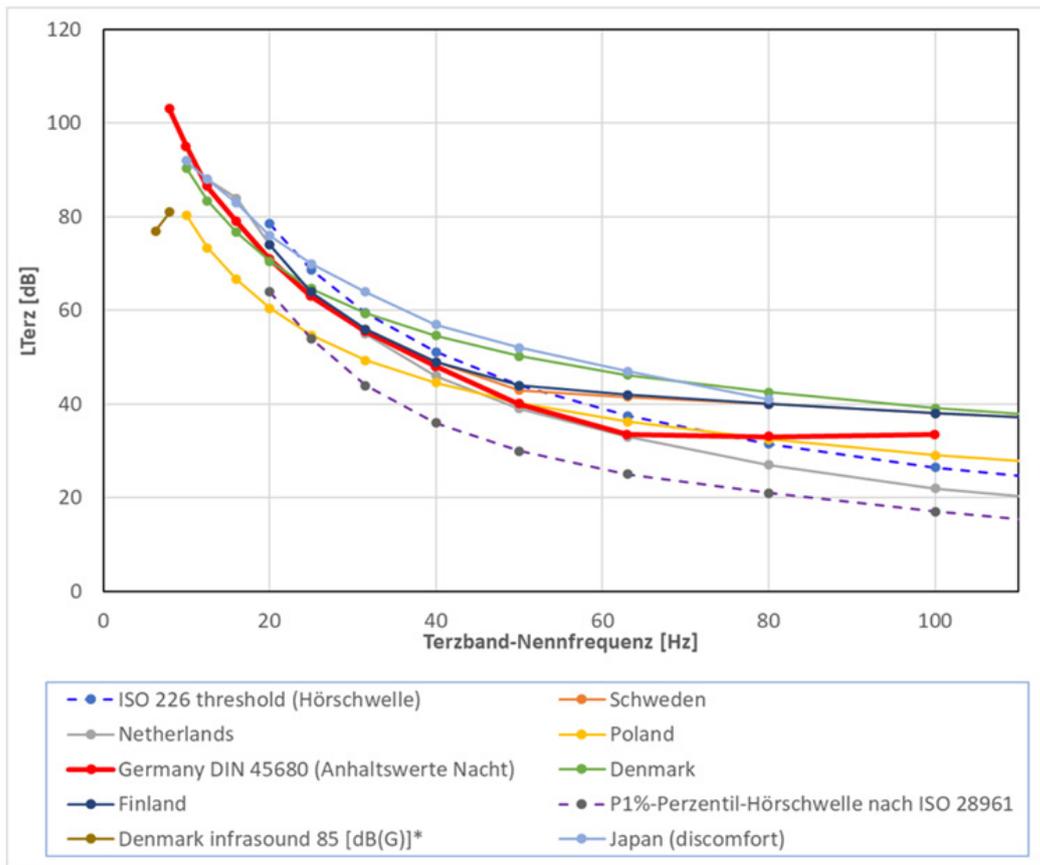


Abb. 8: Auswahl an internationalen Grenzkurven für Innenräume im Vergleich zum Beurteilungsmaßstab der DIN 45680 (rot, Anhaltswerte Nacht). Im Vergleich dazu ist die 1%-Perzentil Hörschwelle und die Normhörschwelle (ISO 226) dargestellt.

2.4 Kritische Betrachtung der DIN 45680 als Beurteilungsgrundlage

Trotz des relativ hohen Schutzniveaus, welches sich aus der DIN 45680 im internationalen Vergleich ergibt, ist die Norm in der Fachwelt und im öffentlichen Diskurs oft Gegenstand von Diskussionen (18) (19). So hat es in den vergangenen 25 Jahren mehrere Versuche gegeben die Norm zu überarbeiten. Erweiterungen in Hinblick auf die Berücksichtigung von Erkenntnissen aus der Psychoakustik wurden angestrebt, auch Veränderungen von Anhaltswerten bzw. Grenzkurven wurden vorgeschlagen, bisher hat sich jedoch keiner der Vorschläge durchgesetzt. Das Argument für eine Anpassung der Norm folgt dabei aus der Änderung der Rahmenbedingungen, die sich aus der steigenden Zahl an Anlagen der Energiewende (20) wie Windkraftanlagen, Heizkraftwerke, Wärmepumpen und dergleichen ergibt. Im Zuge dieser Überarbeitungen wurden auch einige Studien in Auftrag gegeben, aus denen sich der aktuelle Stand der Wissenschaft und Technik gut nachvollziehen lässt (10) (2). In der im Rahmen des Projektes entwickelten erweiterten Beurteilungspraxis werden diese Grundlagen bereits verwendet. Sehr viel hat sich in den letzten 25 Jahren im Hinblick auf die schalltechnische Beurteilung von Windkraftanlagen getan (6), insbesondere wird hierbei, zumindest in Deutschland, auch Wert auf eine Betrachtung bzw. eine Prognose der tieffrequenten Immissionen bis hinunter zu 10 Hz gelegt (21).

Der neueste Entwurf der DIN 45680 stammt aus dem Jahr 2020. In diesem erfolgt grundsätzlich eine Beurteilung des Bereichs von 8 Hz bis 100 Hz. Sie umfasst also grundsätzlich denselben Bereich wie die Version der Norm von 1997 und es handelt sich dabei weiterhin um eine Vorschrift für die Beurteilung von schutzbedürftigen Innenräumen. Ein wesentlicher Unterschied ist der Wegfall des Kriteriums $L_{\text{Ceq}} - L_{\text{Aeq}} > 20 \text{ dB}$. Grundsätzlich gilt jedoch als Voraussetzung für eine Beurteilung, dass Fremdgeräusche in jedem der zu beurteilenden Terzbänder mindestens 6 dB unter dem zu bewertenden tieffrequenten Geräusch liegen muss. Angemerkt wird, dass in den unten betrachteten Fällen dieses Kriterium nicht erfüllt werden kann, mit Ausnahme von Fall 4, in dem die Erfüllung des Kriteriums in einem Messpunkt theoretisch möglich wäre. Weiterhin gilt auch eine Berücksichtigung der Einwirkdauer bei der Bildung des Beurteilungspegels. Hinzu kommen zwei neue Zuschläge für spektrale Auffälligkeit K_f (ähnlich der Berücksichtigung von Tonhaltigkeiten in der Version von 1997), sowie für zeitliche Auffälligkeiten K_t . Die Grundlage für die Bildung des Beurteilungspegels bilden jedoch die A-bewerteten energieäquivalenten Terzdauerschallpegel:

$$L_{r(8\text{Hz}-100\text{Hz})} = 10 \log \sum_i 10^{0,1(L_{p\text{Terz}zeq} + K_{Ai})} + K_f + K_t + 10 \log \frac{T_e}{T_r} \text{ [dB]}$$

Die Zuschläge belaufen sich dabei auf die Bereiche $K_f = 0$ bis 20 dB und $K_t = 0$ bis 10 dB. Zusätzlich wird, ähnlich wie in der Version von 1997, ein Maximalpegel von tieffrequenten Geräuschen beurteilt, wobei hier der maximale bandbegrenzte (8 Hz-100 Hz) A-bewertete Pegel, welcher in einem Zeitraum von 1 s auftritt, gewählt wird ($L_{p(8\text{Hz}-100\text{Hz})\text{AFmax}}$). Anhaltswerte für die ungünstigste Nachtstunde liegen nach DIN 45680 im Entwurf von 2020 bei $L_{r(8\text{Hz}-100\text{Hz})} = 25 \text{ dB}$ (bzw. $L_{p(8\text{Hz}-100\text{Hz})\text{AFmax}} = 35 \text{ dB}$). Ein Vergleich der beiden Versionen zeigt, dass die Beurteilung unter 50 Hz im Entwurf von 2020 bei voller Ausschöpfung der Zuschläge etwas strenger sein kann, jedoch im Bereich zwischen 50 und 100 Hz des aktuell angewendeten Beurteilungsmaßstabs sehr ähnlich ist. Ein genauer Vergleich ist aufgrund der Zuschlagsermittlung schwierig, in etwa liegen, unter der Annahme von Worst-Case-Szenarien, die Beurteilungsmaßstäbe ab 50 Hz in der Nähe der 10%-Perzentil-Hörschwelle und der 25%-Perzentil-Hörschwelle. In den untersuchten Fällen, welche Gegenstand dieses Berichts sind, liegen die stärksten Belastungen (im Sinne der größten Annäherung an die Hörschwelle), abgebildet durch die Beurteilungspegel (nicht die Terzmaximalpegel) in ebendiesem Bereich zwischen 50 und 100 Hz. Eine Überschreitung der 10%-Perzentil-Hörschwelle durch die Beurteilungspegel wurde in keinem der untersuchten Fälle beobachtet. In allen Fällen liegt $L_{r(8\text{Hz}-100\text{Hz})}$ ohne Berücksichtigung von Zuschlägen unter 10 dB, in vielen Fällen ist dieser Wert negativ. Der Anhaltswert liegt im Zeitraum Nacht im Vergleich dazu bei 25 dB. Daraus zeigt sich, dass auch nach den Maßstäben und Verwendung der DIN 45680 im Entwurf von 2020 keine Überschreitungen von Anhaltswerten in den untersuchten Fällen zu erwarten ist (mit Ausnahme von Fall 4). Um für den Leser

eine Einordnung der Fälle in dieser Hinsicht zu ermöglichen, wird in Tab. 4 in der Zusammenfassung der Ergebnisse auch der Parameter $L_{p(8\text{ Hz}-100\text{ Hz})Aeq} = 10 \log \sum_i 10^{0,1(L_{p_{TerzZeq}} + K_{Ai})}$ angegeben, welcher mit den Anhaltswerten verglichen werden kann (ohne Berücksichtigung von Zuschlägen).

Ein weiterer Punkt im Entwurf der DIN 45680 von 2020, der in der aktuellen Beurteilungspraxis der Abteilung 15 bereits berücksichtigt wird, ist die Betrachtung des G-bewerteten energieäquivalenten Schalldruckpegels L_{Geq} . Auch hier nennt die Norm im Entwurf den dänischen Grenzwert von $L_{Geq} = 85\text{ dB}$ (14), welcher in Ergänzung zur Beurteilung des Bereichs von 8 bis 100 Hz verwendet werden kann.

Als Ergebnis einer kritischen Betrachtung der DIN 45680 von 1997 kann unter Berücksichtigung von Kapitel 2.3 zunächst festgehalten werden, dass trotz des Alters der Norm von mehr als 25 Jahren diese im internationalen Vergleich immer noch ein in Bezug auf den Schutz der Bevölkerung sehr gutes Schutzniveau bietet. Neue Erkenntnisse wurden über die Jahre gewonnen und haben auch zu verschiedenen Überarbeitungsentwürfen der DIN 45680 geführt, eine neue Version konnte sich bisher noch nicht durchsetzen. Diese Erkenntnisse werden jedoch bereits in der Beurteilungspraxis der Abteilung 15 des Amtes der Steiermärkischen Landesregierung mitberücksichtigt. Daher kann gesagt werden, dass die DIN 45680 von 1997 in ihrer Auslegung und Verwendung durch die Abteilung 15 des Landes Steiermark eine zeitgemäße Beurteilung erlaubt, welche dem Stand der Technik entspricht und den Stand der Wissenschaft berücksichtigt.

2.5 Wahrnehmungsschwelle und Hörschwelle

Es ist in der Fachwelt unbestritten, dass sich die Wahrnehmung tieffrequenter Geräusche im Bereich unter 100 Hz individuell stark unterscheidet (; 6). Dies wird evident aus der Breite der Standardabweichung von ermittelten Hörschwellen (8), welche im Bereich von rund 5 dB liegt. Die Hörschwelle bezeichnet dabei die Schwelle, angegeben in der Einheit dB, ab welcher ein Geräusch von einer Person mit dem Gehörsinn (binaurales Hören) wahrgenommen werden kann. Diese ist frequenzabhängig und steigt mit sinkender Frequenz. Aus einer Standardabweichung von 5 dB folgt, dass sich die Hörschwelle von 96 % der Bevölkerung in einem Intervall von 20 dB bewegt, wobei die Streuung im tieffrequenten Bereich noch etwas größer sein kann (8), (9). Zwei von der DIN (Deutsches Institut für Normung e.V.) und dem VDI (Verein Deutscher Ingenieure) in Auftrag gegebene Studien, (10) und (11), erstellt im Rahmen der Überarbeitung der DIN 45680, lassen den Schluss zu, dass in ebendieser aktuell gültigen Norm die 25%-Perzentil-Hörschwelle als Basis verwendet wird (18). Dies bedeutet, dass 25 % der Menschen besser hören können als es die DIN 45680 für die Beurteilung zugrunde legt. Umgelegt auf die Steiermark mit rund 1,2 Mio. Einwohnern bedeutet dies, dass statistisch gesehen 300.000 Einwohner sensitiver empfinden als es die nach DIN 45680 verwendete Hörschwelle nahelegt. Genormte Hörschwellen finden sich in (12) und (13), die angegebenen Werte stimmen in beiden Normen überein.

Damit können die subjektiv wahrgenommenen und messtechnisch erfassten tieffrequenten Geräusche in vielen Fällen zumindest aus statistischer Sicht erklärt werden. In den meisten Fällen zeigt sich, dass die Hörschwelle nach DIN 45680 nämlich nicht erreicht wird. Daraus könnte vermeintlich der Schluss gezogen werden, dass keine hörbaren Immissionen vorhanden sind. Bei Betrachtung der 1%- Perzentil-Hörschwelle berechnet aus ISO 28961 (7) zeigt sich (gestrichelte Linie in Abb. 8), dass diese in einigen untersuchten Fällen erreicht wird. Die 1%-Perzentil-Hörschwelle deckt sich mit der Wahrnehmungsschwelle nach Referenz (7) bzw. (11) (Wahrnehmungsschwelle Forschungsbericht), welche bis hinunter zu 8 Hz reicht. Aus diesem Blickwinkel erscheint es daher als durchaus möglich, dass die Immissionen wahrgenommen werden können, auch ohne, dass die klassische Hörschwelle erreicht wird. Entscheidend für die Beurteilung ist es, hierbei die Hörschwelle nicht als scharfe Grenze zu betrachten, die für alle Menschen gleich ist, sondern auch die Möglichkeit individuellen Unterschieds in Betracht zu ziehen.

2.6 Der gesunde und normalempfindende Mensch als Beurteilungsgrundlage

In der gängigen Verwaltungspraxis erfolgt eine Beurteilung der Zumutbarkeit von Immissionen üblicherweise den gesetzlichen Vorgaben entsprechend nach dem Maßstab eines gesunden, normalempfindenden Menschen und einem ebensolchen Kind. Besonders sensible und empfindliche Menschen sind in der Beurteilung daher nicht berücksichtigt. Eine genaue Definition, welcher Prozentsatz der Bevölkerung als normalempfindend gilt, wird dabei vom Gesetzgeber nicht angegeben. In der Literatur findet sich vielfach ein Wert, der in etwa 75 % der Bezugspersonen als gesunde, normalempfindende Menschen umfasst. Das heißt, bei 25 % der Bezugspersonen kann es nach diesem Maßstab bei Vorliegen eines bestimmten Geräusches zu einer Belästigungsreaktion kommen (in Bezug auf die österreichische Beurteilungspraxis siehe dazu zum Beispiel Referenz (22)). Andere Quellen (2) berichten von einem Bevölkerungsanteil von 10-15 % an besonders lärmempfindlichen Personen, welcher als Grundlage zur Feststellung einer erheblichen Belästigung herangezogen werden kann. Der Schwellenwert für den akzeptierten Prozentsatz stark belästigter (highly annoyed) Personen liegt nach der Bundes-LärmV bei 15 % für Straßenverkehr, bei 34 % bei Schienenverkehr und 46 % für Fluglärm gemäß Referenz (23). Die Empfehlungen der WHO geben einen anzustrebenden Schwellenwert von 10 % stark belästigter Personen als Ansatz bei der Bestimmung von Richtwerten vor (24).

Die in der DIN 45680 herangezogene Hörschwelle entspricht in etwa der 25%-Perzentil-Hörschwelle, das heißt 25 % der Bevölkerung hören statistisch gesehen besser als es die Norm in der Beurteilung zugrunde legt. Dieser Wert entspricht dabei dem obengenannten Beurteilungsmaßstab aus Referenz (22), welcher sich auf die österreichische Beurteilungspraxis bezieht. Damit fügt sich die Vorgehensweise nach DIN 45680 im Hinblick auf den Beurteilungsmaßstab gut in den aktuellen Standard der österreichischen Verwaltungspraxis ein.

In dieser Hinsicht empfiehlt sich in der Analyse von Brummtönen jedoch auch eine Betrachtung der 10%-Perzentil-Hörschwelle, um den Empfehlungen der WHO zu folgen, unter Berücksichtigung der Anhaltswerte in Tab. 3. Diese Vorgehensweise wurde in die Beurteilungspraxis der Abteilung 15 der Steiermärkischen Landesregierung in der Analyse von brummtönenbeschwerdebezogenen Daten bereits mit aufgenommen. Da in der Beurteilung des Nachtzeitraums nach DIN 45680 unter 80 Hz bereits das Erreichen der Hörschwelle als Anhaltswert für eine in der Regel erhebliche Belästigung gewertet wird, erscheint es im Lichte dieser Diskussion aus Sicht des technischen Sachverständigen bereits bei Überschreitungen der 10%-Perzentil-Hörschwelle durch die gemessenen Terzbeurteilungspegel und bei objektiv vorliegenden tieffrequenten Immissionen als angebracht, einen humanmedizinischen Sachverständigen hinzuzuziehen, um im Einzelfall das mögliche Vorliegen erheblicher Belästigungen zu prüfen.

2.7 Beschreibung der Wahrnehmungen von Betroffenen

Ein erster Eindruck der Situation erfolgt bei den von der Abteilung 15 untersuchten Fällen bereits bei der telefonischen Kontaktaufnahme, üblicherweise wird im Zuge des Erstgesprächs auch ein Erhebungsblatt ausgefüllt. Von den Beschwerdeführern werden die empfundenen Geräusche meist als deutlich wahrnehmbar geschildert und als „Wummern“ oder „Brummen“ und dergleichen beschrieben.

Die Geräusche sind für die Betroffenen dabei meist ständig wahrnehmbar aber nicht unbedingt konstant, sondern oft zeitlich veränderlich. Dies betrifft sowohl kurzfristige Veränderungen, in allen Fällen wird aber insbesondere eine unterschiedliche Geräuschintensität über Tage und Wochen berichtet. Dabei ist es nachvollziehbar, dass tieffrequente Geräusche nicht eindeutig beschrieben werden können, da im Frequenzbereich unter 100 Hz das menschliche Gehör Tonhöhen nicht mehr wie im Hörbereich gewohnt einordnen kann und die gewohnten Begriffe zu Bezeichnungen im Hörschallbereich nicht mehr genügen. Die Beschreibung der Geräusche reicht dabei von störend und belästigend bis hin zu unerträglich, in den extremen Fällen wird damit von den Betroffenen auch eine Gesundheitsgefahr in Verbindung gebracht, vor allem durch Schlafstörungen,

die von den Geräuschen aufgrund ihrer ständigen Präsenz und Intensität hervorgerufen werden. Manche Menschen fühlen sich von den Geräuschen so sehr belästigt, dass sie einen Wohnortwechsel in Betracht ziehen.

2.8 Typische Verhältnisse in Wohnbereichen bei Brummtönen-Beschwerden

Die während der bearbeiteten Fälle vorgefundenen Situationen können durchwegs als sehr ruhig beschrieben werden. Typischerweise werden A-bewertete Schalldruckpegel gemessen, welche unter 15 dB und teilweise sogar unter 10 dB liegen. Dies entspricht den gemäß ÖNORM B 8115-2:2021-04 (26) anzustrebenden Planungsbasispegel für Gebäudeinnenpegel in Gebieten mit ruhigen Umgebungen (Kategorie 1-3 nach ÖNORM S 5021). Angemerkt wird jedoch, dass diese Schalldruckpegel nur erreicht werden können, wenn sich im Inneren keine elektrischen Geräte wie Kühlschränke, Pumpen, Uhren usw. in Betrieb befinden. Diese störenden Quellen werden zunächst von den Messtechnikern unter Mithilfe der Bewohner eliminiert. Erst danach besteht die Chance auf eine Messung der gesuchten tieffrequenten Immissionen ohne Überdeckung durch andere Geräusche. Aufgrund allgegenwärtiger natürlicher und künstlicher Quellen, die von Luftbewegungen (Wind) bis hin zum Straßenverkehr reichen sind niedrigere Schalldruckpegel unter normalen Umständen in Wohngebäuden nicht zu erreichen.

2.9 Wahrnehmung tieffrequenter Geräusche im Freien und in Gebäuden

Eine Wahrnehmung der Brummtöne im Freien ist oft schwierig, da diese von den Umgebungsgeräuschen überdeckt werden. Nur besonders starke tieffrequente Schallquellen können daher im Freien gut wahrgenommen werden. Gebäudewände filtern jedoch hochfrequente Anteile des äußeren Schallfelds sehr gut, da diese stärker absorbiert werden, während im Gegensatz dazu tieffrequente Anteile die Gebäudewände gut transmittieren können (vgl. Bergersches Gesetz). Gebäudewände wirken daher sozusagen als akustische Tiefpass-Filter. Üblicherweise beziehen sich daher die eingegangenen Beschwerden auf die Wahrnehmung von Brummtönen im Inneren von Gebäuden, wo diese auch die größte Belästigungswirkung entfalten können.

Im Inneren von Gebäuden kommt ein weiteres Phänomen hinzu, welches die Ausprägung tieffrequenter Schallfelder begünstigt: Abhängig von der Raumgeometrie können sich stehende akustische Wellen ausformen (13). Dabei gilt folgender Zusammenhang für die Wellenlänge von Resonanzmoden unterschiedlicher Ordnungen l, m, n :

$$f_{lmn} = \frac{c_0}{2} \sqrt{\left[\left(\frac{l}{a}\right)^2 + \left(\frac{m}{b}\right)^2 + \left(\frac{n}{c}\right)^2\right]} \text{ [Hz]}$$

Wobei $c_0 = 344 \text{ m/s}$ die Schallgeschwindigkeit bezeichnet, a , b und c die drei Dimensionen des Raumes in [m] angibt und l , m , und n die Ordnungen der Resonanzmode in die jeweilige Richtung. Für die niedrigste Axialmode ($l = 1, m = 0$ und $n = 0$) f_{100} erhält man zum Beispiel für einen Raum mit den Abmessungen $3 \times 3 \times 3 \text{ m}^3$ eine Frequenz von 57 Hz, für einen $5 \times 5 \times 3 \text{ m}^3$ großen Raum erhält man 34 Hz. Je größer der Raum, desto tiefer die niedrigste Resonanzmodenfrequenz. Im Bereich von niedrigen Ordnungen können diese auch isoliert auftreten, mit höherer Ordnungszahl beginnen die Moden innerhalb der Terzbänder zu überlappen. Aus dieser Betrachtung wird ersichtlich, dass für typische Raumgrößen Resonanzfrequenzen für Raummoden auftreten, welche auch im Bereich der in den untersuchten Fällen an den stärksten belasteten Frequenzbereichen liegen (50 - 100 Hz). Dieses Phänomen kann daher auch zu den in diesen Bereichen erhaltenen Messergebnissen beitragen, dies wird auch in der Analyse und Beurteilung der Fälle dementsprechend berücksichtigt.

Aufgrund der niedrigen Schalldruckpegel im Inneren der betroffenen Gebäude im Zusammenhang mit der geringen Abschwächung der transmittierten akustischen Schallwellen ist davon auszugehen, dass der Anteil der Brummtton-Quellen im Freien an den Gesamtmissionen sehr gering ist. Eine mögliche Quelle kann daher auch einige 100 m bis einige km vom Immissionsort entfernt sein.

Die besten Chancen für die Zuordnung einer Quelle im typischen Brummtton-Fall bestehen bei Nachbarschaftsbeschwerden, etwa bezüglich Luftwärmepumpen auf angrenzenden Nachbargrundstücken. Diese können jedenfalls direkt auf die Einhaltung der entsprechenden konventionellen (d.h. für den Hörschall geltenden) Grenzwerte an der Grundstücksgrenze überprüft werden. Dies ist in der Regel leicht durchzuführen, da die Grenzwerte aus messtechnischer Sicht im Vergleich zu den Immissionen in den Wohnungen der Beschwerdeführer relativ hoch sind (z.B. 35 dB im Zeitraum Nacht im Allgemeinen Wohngebiet, 30 dB im Reinen Wohngebiet). Geräusche in diesem Schalldruckpegelbereich sind auch eindeutig subjektiv hörbar. Dies weist jedoch auch auf eine grundsätzliche Tatsache, die oft für die Betroffenen nicht nachvollziehbar ist: Eine Anlage kann an der Grundgrenze hörbar sein und sogar den maßgeblichen Beitrag zu den Immissionen leisten und entspricht dabei gleichzeitig den gesetzlichen Vorschriften.

Es besteht somit kein Recht auf absolute Ruhe, sondern lediglich auf Einhaltung der Grenzwerte, die sich aus den gewerbe- oder baurechtlichen Vorgaben und insbesondere auch aus der Flächenwidmung ableiten. Dies führt jedoch auch zu Situationen in leisen ländlichen Umgebungen, in denen zum Beispiel viele Luftwärmepumpen wahrgenommen werden können und diese die örtlichen Verhältnisse in der Nacht auch prägen und dabei die gesetzlichen Vorschriften erfüllen.

2.10 Durchführung der Messungen

Typischerweise wird von den Betroffenen angegeben, dass die Geräusche in der Nacht am intensivsten sind. Dies ist nachvollziehbar, da Umgebungsgeräusche, welche den Brummtton überdecken können, in der Nacht deutlich geringer sind. Ein Brummtton mit konstanter Lautstärke erscheint damit vergleichsweise in der Nacht lauter als zum Tageszeitraum. Als Konsequenz dieser Tatsache werden Messungen der Abteilung 15 üblicherweise in der Nacht durchgeführt. Ein Messbeginn zwischen 22:00 Uhr und 23:00 Uhr hat sich als ideal herausgestellt. Nach Ankunft der Messtechniker erfolgt zunächst zur Beruhigung des Gehörs (im Dienstwagen herrschen 60 dB und darüber) eine Ruhephase von mindestens 30 min. Aufgrund der üblicherweise geringen Schalldruckpegel besteht erst danach die Möglichkeit, dass die von den Betroffenen berichteten Geräusche gehört werden können, sofern diese überhaupt subjektiv von den Messtechnikern wahrnehmbar sind. Danach kann mit den gemäß DIN 45680 vorgeschriebenen Messungen in den Wohnräumen begonnen werden. Messungen werden dabei an vielen verschiedenen Punkten durchgeführt, beurteilt werden jene Punkte mit der stärksten Belastung. Betrachtet werden dabei Punkte nahe der Fassade (unter Einhaltung des Mindestabstands), da hier Maxima (Wellenberge) in der sich im Raum ausformenden Resonanzmodenstruktur zu erwarten sind (13). Weiters wird auch an Stellen gemessen, an denen von den Betroffenen die stärkste Intensität wahrgenommen wird. Insbesondere wird auch in den Schlafräumen gemessen, da diese vor allem in der Nachtzeit genutzt werden. Üblicherweise dauert die Messung einige Stunden, womit auch sichergestellt ist, dass die Nachtkernzeit abgedeckt ist, innerhalb der die Störgeräusche aus der Umgebung am geringsten sind.

Da die gegenständlichen Brummtöne in einer Umgebung von üblicherweise unter 15 dB gesucht werden, müssen vor den Messungen auch Störgeräusche, welche den Brummtton überdecken könnten, aufgefunden und eliminiert werden. Beispiele hierfür umfassen eingesteckte Netzteile, Heizungspumpen, Kühlschränke aber auch Haustiere, die sich in den Räumen bewegen. Insbesondere stellt bei diesen geringen Schalldruckpegeln das Ticken von Uhren oft einen für den A-bewerteten Schalldruckpegel in den vorgefundenen Umgebungen maßgeblichen Beitrag dar und diese müssen vor der Messung ausgeschaltet werden. Die typischerweise vorgefundenen Schalldruckpegel befinden sich in Bereichen, die vergleichbar mit dem A-bewerteten Schalldruckpegel der menschlichen Atmung am Ohr des Menschen sind (ca. 10 dB). Daher sind die bei der Messung anwesenden Personen angewiesen, die Atmung flach zu halten und keine Bewegungen zu vollführen.

Insbesondere Körperbewegungen, welche mit einer Bewegung von Luftmassen einhergehen, können Messungen im tieffrequenten und Infrschallbereich beeinflussen oder verfälschen, Türen müssen geschlossen gehalten werden. Auf diese Effekte wird während der Messung sehr genau geachtet.

Die eigentliche Messdauer im Inneren von Gebäuden beträgt lediglich wenige Minuten, von den Betroffenen kann dann das Vorliegen des Brummtons während der Messung bestätigt werden.

Hinsichtlich der subjektiven Wahrnehmbarkeit der Brummtöne kann gesagt werden, dass diese nur in einigen Fällen auch von den anwesenden Messtechnikern wahrgenommen werden können. Eine subjektive Wahrnehmung ist im Allgemeinen sehr schwer und erfordert konkrete Konzentration auf das Geräusch. Sofern das Geräusch an Stellen, an denen es am intensivsten ist, erst einmal wahrgenommen wurde, ist es in weiterer Folge leichter, dieses auch an anderen Stellen wahrzunehmen. Eine für die Betroffenen negative Konsequenz dieser Konditionierung auf das belästigende Geräusch beziehungsweise dieser „affektiven Rückkopplung“ ist, dass es mit der Zeit immer leichter fällt, dieses wahrzunehmen.

Der gesetzliche Auftrag im Zusammenhang mit der „Brummtonthematik“

3. Der gesetzliche Auftrag im Zusammenhang mit der „Brummtonthematik“

Anknüpfend an die dargelegten Sachverhaltsdarstellungen und die fachlichen Ausführungen betreffend die Brummtonthematik wird nachstehend der – dem Amt der Steiermärkischen Landesregierung – in diesem Kontext obliegende gesetzliche Auftrag im Sinne der Geschäftseinteilung des Amtes der Steiermärkischen Landesregierung, Grazer Zeitung, Nr. 142 Stück/2019 idF. Grazer Zeitung, Nr. 12 Stück 5/2024, erörtert, um das Einschreiten des Amtes bzw. die Grenzen der Verwaltungstätigkeit einer näheren Betrachtung zu unterziehen:

Eingangs sei erwähnt, dass der Geschäftsbereich der Abteilung 13 (Umwelt und Raumordnung) entsprechend der Geschäftseinteilung des Amtes der Steiermärkischen Landesregierung u.a. die („General-“) Zuständigkeit „Umweltrecht: Allgemeines und Koordinierung“ enthält. Diese Aufgabe ist als umfassend zu verstehen und kommt bei Sachverhalten von hoher Brisanz im Umweltbereich, welche die Zuständigkeiten mehrerer Abteilungen/Behörden betreffen, zur Anwendung. Angesichts der Vielzahl an Beschwerden und der unterschiedlichen Zuständigkeiten betreffend die Brummtonthematik koordiniert die Abteilung 13 nunmehr die Vorgangsweise aller in Betracht kommenden Abteilungen (Abteilung 15 (Energie, Wohnbau und Technik) und Abteilung 8 (Gesundheit und Pflege)) und der Bezirkshauptmannschaften. Zusätzlich zu dieser Tätigkeit übernimmt die Abteilung 13 in dieser Angelegenheit die Kommunikation nach außen – sohin die Korrespondenz zwischen dem Amt und der Bevölkerung.

Überdies manifestiert sich eine der Kernaufgaben des Amtes (Abteilung 13 – Referat Wasser-, Abfall- und Umweltrecht) in der rechtlichen Beurteilung der Zulässigkeit/Änderung/Überprüfung von Anlagen, worunter neben gewerblichen Betriebsanlagen auch Maschinen, Geräte, Leitungen sowie Grundstücke, auf denen Stoffe gelagert oder Arbeiten durchgeführt werden, fallen. Diese Aufgabe wird seitens des Referates Wasser-, Abfall-, und Umweltrecht in gewissen Belangen (etwa im Bereich des AWG) selbst als Behörde ausgeübt. Nebstdem kommt ihr aber auch die Funktion der „sachlich in Betracht kommenden Oberbehörde“, etwa für den Bereich des gewerblichen Betriebsanlagenrechts, zu.

Beschwerden der Bevölkerung, welche die Wahrnehmung von Brummtönen zum Gegenstand haben und welche sich einer konkreten Anlage zuordnen lassen, sind seitens des Amtes der Steiermärkischen Landesregierung nachzugehen und an die zuständige Behörde zur weiteren Veranlassung zu übermitteln. Die jeweils zuständige Behörde hat in weiterer Folge die Abteilung 15 anzuweisen, Überprüfungen in Form von schalltechnischen Erhebungen durchzuführen und gegebenenfalls die humanmedizinische Beurteilung der Sachlage durch die Abteilung 8 zu veranlassen. Je nach Ausgang der Beurteilung der einbezogenen Amtssachverständigen kann sich eine/keine Notwendigkeit zur Setzung weiterer Maßnahmen (z.B. Lärmschutzmaßnahmen) ergeben.

Die Grenzen der Verwaltungstätigkeit ergeben sich bei Beschwerden, in deren Rahmen die Wahrnehmung von Brummtönen geschildert wird, die allerdings keiner Anlage zugeordnet werden können. Bei derartigen Konstellationen bzw. unspezifischen Wahrnehmungen stehen dem Amt – unter Bezugnahme auf die Geschäftseinteilung – keine rechtlichen Möglichkeiten offen, um tätig zu werden und mögliche Verursacher der Brummtöne auszuforschen. Selbst aus der („General-“)Zuständigkeit „Umweltrecht: Allgemeines und Koordinierung“ ergibt sich keine Grundlage, anhand derer ein Einschreiten seitens des Amtes abgeleitet werden könnte.

Die Aufgabe der humanmedizinischen Amtssachverständigen im Zusammenhang mit der „Brummtonthematik“

4. Die Aufgabe der humanmedizinischen Amtssachverständigen im Zusammenhang mit der „Brummtonthematik“

Die Amtsärzte der Landessanitätsdirektion sowie der Bezirksverwaltungsbehörden sind die humanmedizinischen Amtssachverständigen der Landesverwaltung, die als Landesbedienstete ausschließlich im Auftrag der Behörden tätig werden (z.B. in Feststellungs-, Genehmigungs-, Änderungs-, Kollaudierungs-, Beschwerde-Verfahren).

Daraus ergibt sich im Umkehrschluss, dass humanmedizinische Amtssachverständige im Zusammenhang mit Umweltverfahren oder mit möglicherweise durch die Umwelt hervorgerufenen unspezifischen Wahrnehmungen bzw. Beschwerden für folgende Tätigkeiten jedenfalls nicht zur Verfügung stehen:

- *medizinische Diagnostik (inklusive körperlicher Untersuchung) sowie Behandlung von Personen mit gesundheitlichen Beschwerden bzw. Erkrankungen im privaten Auftrag*
- *Sachverständigentätigkeit im privaten Auftrag (dies umfasst jedenfalls allgemeine Ursachenforschung bzw. Klärung von Vorwürfen gegen unbekannt, Erhebungen inklusive Ortsaugenschein, (körperliche etc.) Untersuchung von Personen, Beurteilung von Messungen und Beobachtungen, die von Privatpersonen bzw. in deren Auftrag von privaten Sachverständigen durchgeführt worden sind)*
- *wissenschaftliche (Grundlagen-, translationale, angewandte, Auftrags-) Forschung im privaten Auftrag*
- *Fachdiskurse aller Art mit Privatpersonen*

Im Auftrag der Behörde führen die humanmedizinischen Amtssachverständigen – je nach Erfordernis – entweder die notwendigen Erhebungen selbst durch bzw. lassen diese durch ihre Mitarbeiter vornehmen oder beziehen sich auf Erhebungsergebnisse technischer (Amts)Sachverständiger, welche von derselben Behörde für das selbe Behördenverfahren bestellt worden sind. Teil dieser Erhebungen ist in den meisten Fällen ein Ortsaugenschein, der dazu dient, sich einen Eindruck (Sehen, Hören, Riechen etc.) von den gegebenen örtlichen Verhältnissen zu verschaffen bzw. im Austausch mit den technischen (Amts)Sachverständigen offene Fragen zu klären. Personen werden dabei jedoch nicht untersucht.

Sobald schließlich alle relevanten Informationen (Pläne, Beschreibungen, Messungen, Berechnungen, Betriebsinformationen, Schutzvorkehrungen etc.) vorliegen, erfolgt zunächst eine fachliche Beurteilung derselben durch die erforderlichen technischen (Amts)Sachverständigen. Die humanmedizinische Beurteilung baut in der Folge auf den Gutachten der technischen (Amts)Sachverständigen auf und beantwortet die von der verfahrensführenden Behörde gestellten Fragen, die sich meistens auf zwei Aspekte konzentrieren: Geht von der (geplanten, bestehenden oder beschuldigten) Anlage eine Gesundheitsgefahr für die benachbarte Bevölkerung (d.h. Personen mit dem rechtlichen Status des Nachbarn) aus? Ist für diese Nachbarschaft mit einer unzumutbaren Belästigung durch die (geplante, bestehende oder beschuldigte) Anlage zu rechnen? Aus den einschlägigen rechtlichen Vorgaben für die Beurteilung der Zumutbarkeit von Belästigungen durch die Behörde ergibt sich außerdem, dass die humanmedizinischen Amtssachverständigen bei der Beantwortung der Frage nach dem Belästigungsmaß auf gesunde normal empfindende Kinder und Erwachsene, nicht jedoch auf konkrete (gegebenenfalls auch besonders empfindliche, vorgeschädigte etc.) Einzelpersonen, Bezug zu nehmen haben.

Anschließend zieht die Behörde – nach eingehender Prüfung und Würdigung aller erforderlichen (Amts) Sachverständigen-Gutachten – ihre Schlüsse und trifft auf Basis der geltenden Rechtslage die notwendigen Entscheidungen.

Messergebnisse

- Fall 1 – Industrieanlage in Judenburg
- Fall 2 – Betriebsanlage Knittelfeld
- Fall 3 – Luftwärmepumpe Bezirk Graz-Umgebung 1
- Fall 4 – Luftwärmepumpe Bezirk Graz-Umgebung 2
- Fall 5 Bezirk Leibnitz – typische unspezifische Beschwerde mit Verdacht auf einen Bezug zu einer Betriebsanlage
- Zusammenfassung der Messergebnisse

5. Messergebnisse

Im Folgenden werden Ergebnisse zu ausgewählten Fällen präsentiert, welche im Rahmen der Brummtton-Erhebungen der Abteilung 15 des Amtes der Steiermärkischen Landesregierung untersucht wurden. Dabei handelt es sich um insgesamt acht Fälle, fünf davon werden im Detail vorgestellt.

5.1 Fall 1 – Industrieanlage in Judenburg

Der erste Fall betrifft eine Beschwerde aus dem Bezirk Murtal bezüglich einer Industrieanlage, der Brummtton kann dabei von einem der beiden Hausbewohner wahrgenommen werden. Die Messungen erfolgten mit einem Norsonic 140 Messgerät mit Low-Noise Mikrophon des Landes Steiermark. Dieses Mikrophon wurde im Zuge des Projekts angeschafft, um besonders niedrige Schalldruckpegel messen zu können. In diesem Fall konnte die von den Beschwerdeführern vermutete Quelle, ein weithin sichtbarer Kamin einer Absauganlage eines Ofens, gut vermessen werden. Die gemessenen Emissionen aus dieser Quelle sind in Abb. 9 dargestellt, im Vergleich zur Hörschwelle nach ISO 389-7 (11) (schwarz) und DIN 45680 (1) (grün). Dargestellt sind sowohl der energieäquivalente Terzpegel (rot) als auch der Terzmaximalpegel (blau), die Messung erfolgte in 20m Abstand von der Quelle. Der A-bewertete Schalldruckpegel liegt bei 63dB(A), der C- bewertete bei 77 dB, die Differenz beträgt 14 dB. Die errechnete Schallleistung (A-bewertet) dieser Quelle liegt bei ca. 100dB, diese ist in 20m Entfernung deutlich wahrnehmbar und prägt die örtlichen Verhältnisse maßgeblich. Nach DIN 45680 entspricht die Quelle formal nicht einer tieffrequenten Geräuschquelle, da das Kriterium $L_{Ceq} - L_{Aeq} > 20$ dB nicht erfüllt ist. Unter Berücksichtigung der Dämpfung von höheren Frequenzen bei der Schallausbreitung (26) kann die Quelle aber in einigen 100m Entfernung sehr wohl als tieffrequente Quelle wirken. Diese Wirkung kann nach dem Durchtritt des Schalls durch die Gebäudewände noch höher sein aufgrund der stärkeren Abschwächung von höheren Frequenzanteilen im Vergleich zu tieferen Frequenzen (13).

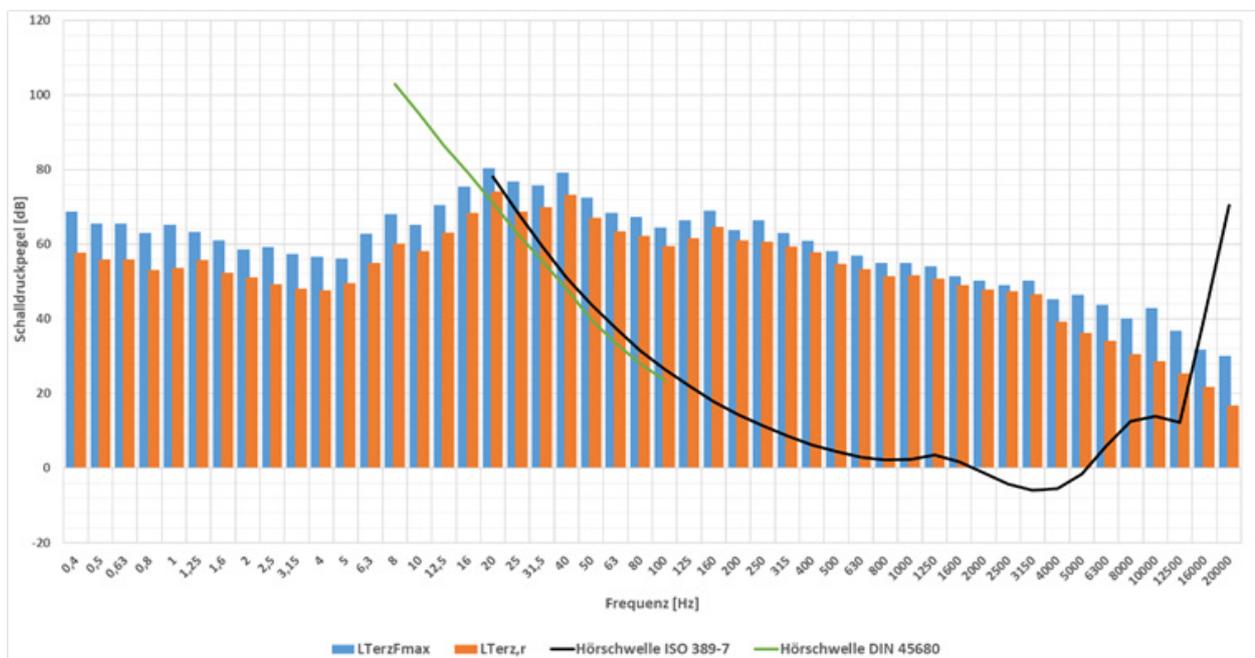


Abb. 9: Emissionscharakteristik der untersuchten Betriebsanlage in Judenburg in 20m Entfernung. Das Wohnhaus der Beschwerdeführer befindet sich in ca. 350m Entfernung.

Daher wurde diese Quelle in diesem Fall vorerst als Ursache in Betracht gezogen, diese befindet sich in 350m Entfernung vom Wohnhaus der Beschwerdeführer. Die Messergebnisse, welche im betroffenen Wohnhaus erzielt wurden, sind über den gesamten mit dem eingesetzten Low-Noise Mikrophon zugänglichen Frequenzbereich in Abb. 10 dargestellt. Insgesamt sind die ermittelten Werte sehr niedrig, im Hörschallbereich über 100 Hz liegen die gemessenen Werte sehr nahe an der Normhörschwelle gemäß ISO 389-7 (11), im tieffrequenten Bereich liegen die gemessenen Immissionen deutlich unter der Hörschwelle gemäß DIN 45680. Das untersuchte Wohnhaus weist sehr ruhige Wohnräume auf, für den in diesem Bericht dargestellten Raum „Esszimmer“ wurde innerhalb der Messzeit ein A-bewerteter energieäquivalenter Dauerschallpegel von $L_{A,eq} = 15\text{ dB}$ gemessen, in anderen Räumen des Wohnhauses wurden bis zu 12 dB gemessen. Aus dieser Analyse, welche weitestgehend den in der Verwaltungspraxis bisher angewendeten Standard widerspiegelt, folgt, dass sämtliche Anhaltswerte und Grenzwerte weit unterschritten sind und damit eingehalten werden. Streng nach DIN 45680 beurteilt, könnte festgestellt werden, dass vom Normgehör keine tieffrequenten Geräusche wahrgenommen werden können (im Widerspruch zu den Wahrnehmungen des Beschwerdeführers und der Messtechniker).

Im Verlaufe der Untersuchungen zu diesem Fall hat sich auch die Möglichkeit ergeben, eine Messung bei abgeschalteter vermuteter Quelle durchzuführen (grüne Balken in Abb. 10). Hier konnten keine signifikanten Unterschiede zur Messung mit eingeschalteter Quelle gefunden werden. Dies deckt sich mit der Aussage des Beschwerdeführers, wonach die belästigenden Geräusche auch bei ausgeschalteter Quelle immer noch vorhanden sind. Daher kommt der Kamin (als Teil der Absauganlage eines Ofens) als maßgebliche Quelle für tieffrequente Immissionen in diesem Fall nicht in Frage, es ist jedoch sehr wohl davon auszugehen, dass dieser einen Beitrag zu den Immissionen leistet. In Hinblick auf die DIN 45680 bedeutet dies jedoch auch, dass die Bedingung einer Abhebung des zu beurteilenden tieffrequenten Geräusches der Absauganlage vom Hintergrund im Ausmaß von 6 dB in diesem Fall nicht erfüllt ist.

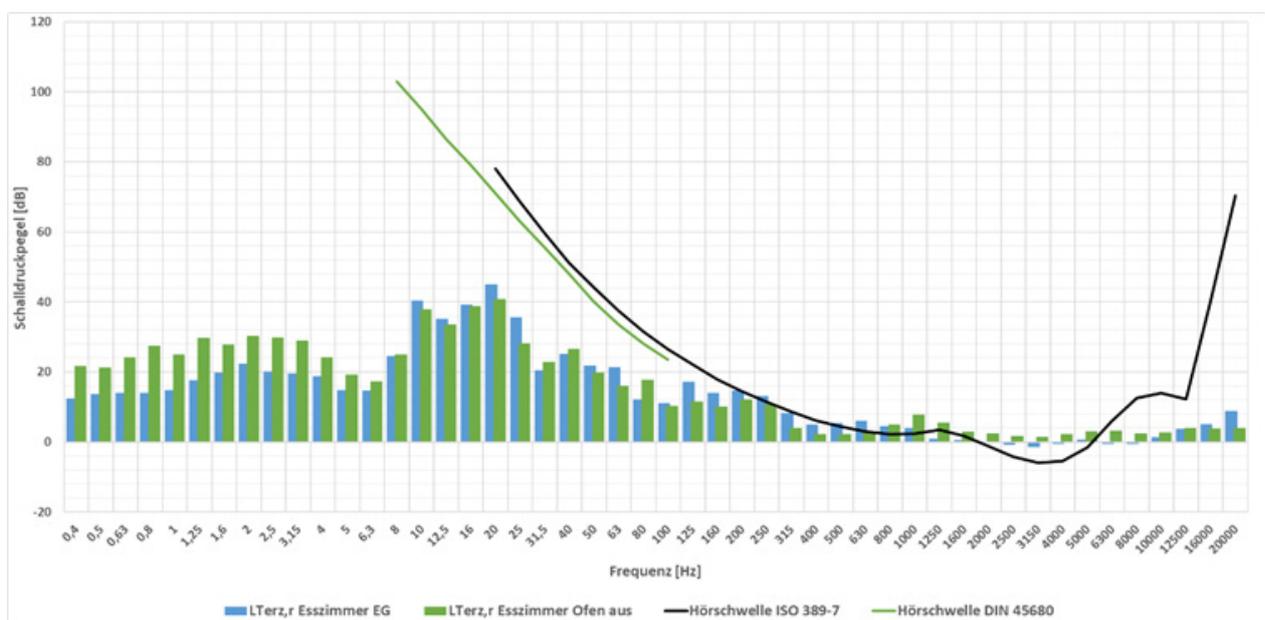


Abb. 10: Messergebnisse im Wohnhaus der Beschwerdeführer in Judenburg, ausgewählt zur Darstellung wurde der Raum mit den höchsten Immissionen. Zwischen dem Betrieb mit eingeschalteter (blau) und ausgeschalteter (grün) vermuteter Quelle kann messtechnisch kein signifikanter Unterschied festgestellt werden.

5.1.1 Weiterentwicklung der schalltechnischen Beurteilung am Beispiel von Fall 1

Die Konklusion, dass die tieffrequenten Immissionen gemäß Norm nicht hörbar sind, steht jedoch im Widerspruch zur von den Messtechnikern wahrgenommenen Situation, wonach nach einer ca. 30 Minuten dauernden Beruhigung des Gehörs die vom Beschwerdeführer beschriebenen Immissionen selbst wahrgenommen werden konnten, wenn auch nur sehr vage und leise.

Bei einer genaueren Betrachtung zeigt sich, dass für diesen Fall im tieffrequenten Bereich die Wahrnehmungsschwelle nach Referenz (2) und (10) von den gemessenen Terzmaximalpegeln $L_{\text{Terz},F_{\text{max}}}$ bei 63, 80 und 100 Hz überschritten wird, auch die 10%-Perzentil Hörschwelle wird bei 63 und 100 Hz von $L_{\text{Terz},F_{\text{max}}}$ erreicht. Es ist also davon auszugehen, dass Geräusche auch im tieffrequenten Bereich zeitweise wahrgenommen werden können, zumindest von einem Teil der Bevölkerung aus statistischer Sicht. Der energieäquivalente Dauerschallpegel $L_{\text{Terz},eq}$ (entspricht hier dem Terzbeurteilungspegel $L_{\text{Terz},r}$), welcher zur Beurteilung heranzuziehen ist, erreicht jedoch die Grenzkurve der Wahrnehmungsschwelle (entspricht der 1%-Perzentil gemäß Referenz (2)) gerade nicht, nur die im Zeitverlauf auftretenden Maximalwerte (abgebildet vom Terzmaximalpegel $L_{\text{Terz},F_{\text{max}}}$) überschreiten diese zeitweise.

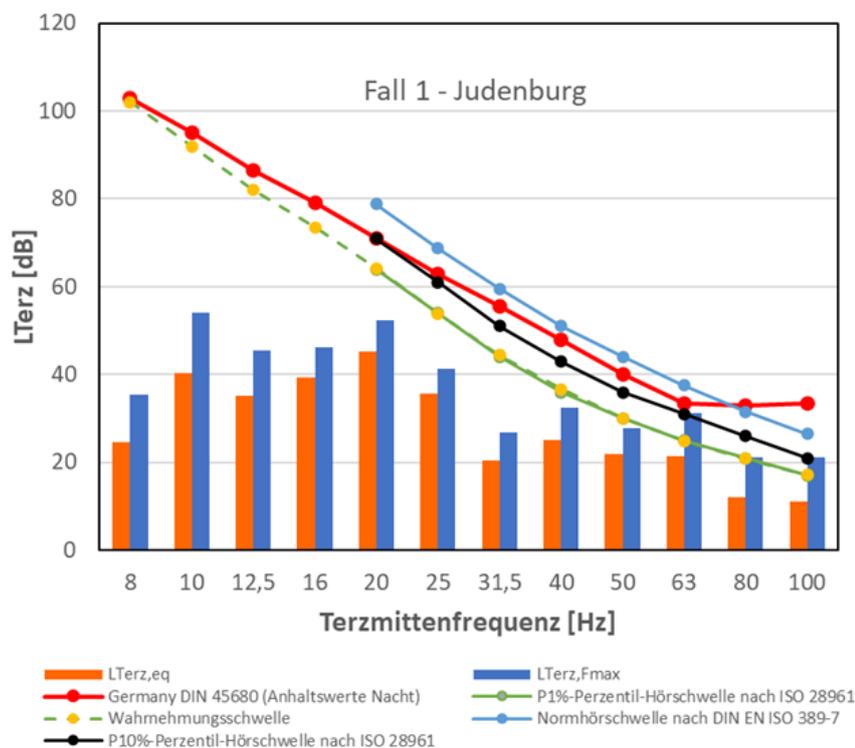


Abb. 11: Messergebnisse zu Fall 1 in Judenburg mit Darstellung der Terzbeurteilungspegel (rot) und der Terzmaximalpegel (blau) im tieffrequenten Bereich im Vergleich zu ausgewählten Grenzkurven.

5.1.2 Fazit – Fall 1

In diesem Fall hat sich gezeigt, dass die DIN 45680, trotzdem sie international gesehen zu den Regelwerken mit hohem Schutzniveau zählt, nicht geeignet ist, um die Wahrnehmungen von sehr niedrigen Immissionen in sehr leisen Geräuschen zufriedenstellend zu erklären. Eine Beurteilung der Immissionen ist dabei auf Basis der Norm jedoch möglich, insbesondere da der Beurteilungsmaßstab der Norm dem gängigen Schutzniveau in der österreichischen Verwaltungspraxis entspricht, welches sich nach dem gesunden und normalempfindenden Menschen zu richten hat. Zur Erklärung der Wahrnehmbarkeit von Geräuschen erscheint es angemessen, die Wahrnehmungsschwelle nach Referenz (2) als Maßstab heranzuziehen, welche in etwa der 1%-Perzentil-Grenzkurve entspricht. Nach den Ausführungen in Kapitel 2.6, wird auch die 10%-Perzentil-Hörschwelle (schwarze Kurve in Abb. 12) betrachtet, im vorliegenden Fall ergibt sich für die Terzbeurteilungspegel hierfür jedoch keine Überschreitung.

Im Fall 1 kann damit die Wahrnehmung des Beschwerdeführers gut erklärt und nachvollzogen werden, eine Notwendigkeit für das Setzen von Maßnahmen seitens der Behörde ergibt sich daraus jedoch nicht. Handlungsbedarf ergibt sich auch aus keiner der in Abb. 8 dargestellten und oben diskutierten internationalen Regelwerke. Als Beurteilungsgrundlage ist hierbei der Terzbeurteilungspegel $L_{\text{Terz,eq}}$ heranzuziehen (Dauerbetrieb implizit vorausgesetzt), wie in Abb. 12 mit rotem Balken dargestellt. Die Terzmaximalpegel in blau unterstützen lediglich die Erklärung einer möglichen Wahrnehmbarkeit. Insbesondere konnte in diesem Fall gezeigt werden, dass die vermutete Quelle nicht bzw. signifikant zu den Immissionen beiträgt. Es ist daher von weiteren Quellen mit ähnlichen Beiträgen auszugehen. Diese können sowohl vom nahen Betriebsgelände als auch von Straßen und anderen weiter entfernten Quellen in der Umgebung herrühren, eine eindeutige Zuordnung ist aufgrund der niedrigen Pegel in den Wohnräumen und der sich daraus ergebenden Vielzahl an Möglichkeiten aus fachlicher Sicht nicht möglich.

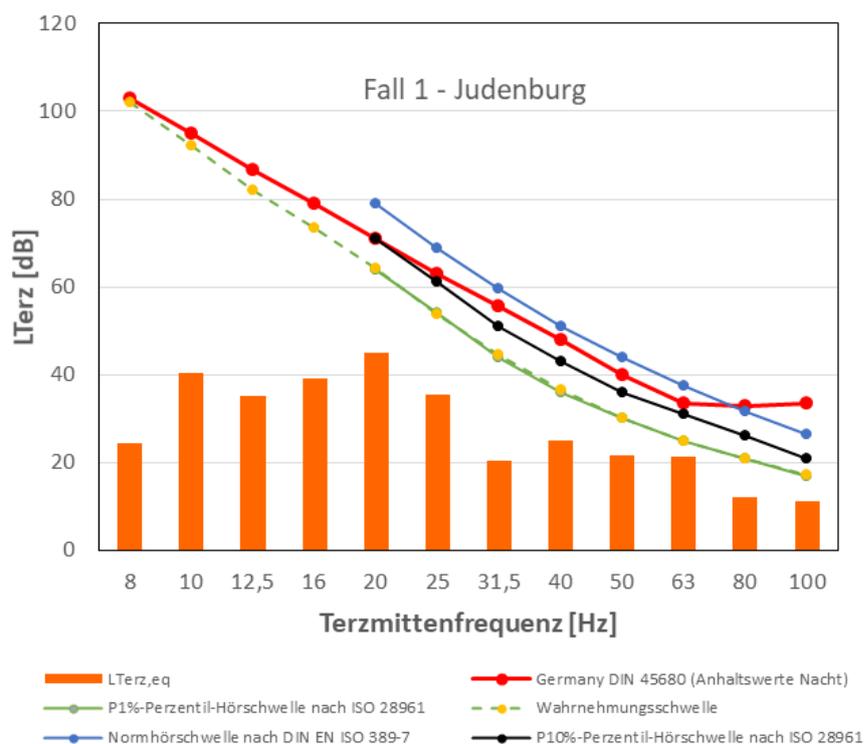


Abb. 12: Darstellung der zur Beurteilung in diesem Fall heranzuziehenden Terzbeurteilungspegel, welche mit den ausgewählten Kurven verglichen werden. Im tieffrequenten Bereich unter 100 Hz wird weder die Wahrnehmungsschwelle noch die Grenzkurve nach DIN 45680 für den Zeitraum Nacht (bei auftretenden Einzeltönen) erreicht oder überschritten.

5.2 Fall 2 – Betriebsanlage Knittelfeld

Der zweite Fall bezieht sich auf eine Beschwerde bezüglich einer Betriebsanlage in Knittelfeld. Auch hier wurde vom Beschwerdeführer eine verdächtige Anlage gemeldet. In diesem Fall handelt es sich nicht um kontinuierliche Immissionen. Die als sehr belästigend bezeichneten Geräusche treten nur zeitlich begrenzt auf. Daher konnten vorort während der Messung auch keine tieffrequenten Geräusche wahrgenommen werden, weder vom Beschwerdeführer noch von den Messtechnikern.

5.2.1 Vorgehensweise bei vor Ort nicht angetroffener Geräusche – Langzeitmessung

Daher wurde in diesem Fall ein Messgerät in einem Raum des Beschwerdeführers überlassen und eine Langzeitmessung über 6 Tage durchgeführt. Das Messgerät ist mit einem Taster ausgerüstet, der vom Bewohner im Falle des Vorliegens von subjektiv besonders intensiven Immissionen ausgelöst werden kann. Die verwendete Messanordnung wurde von den Messtechnikern des Referats für Lärmschutz der Abteilung 15 speziell für solche Zwecke entwickelt, es handelt sich hierbei nicht um einen kommerziell erhältlichen Aufbau. Zusätzlich wurden vom Beschwerdeführer Notizen über die Gegenwart der belästigenden Geräusche gemacht. Daraus ergeben sich natürlich als Konsequenz sehr große Datenmengen, welche vom Bearbeiter analysiert und ausgewertet werden müssen. Zu beachten ist hierbei noch, dass eine unbeobachtete Messung auch anfällig für eventuelle Störungen ist. Geräusche des täglichen Lebens bei Anwesenheit des Bewohners beeinflussen die Messung, auch wenn diese in einem Raum stattfindet, der normalerweise nicht betreten wird. Daher sind insbesondere die Terzmaximalpegel mit Vorsicht zu behandeln und im Zweifel nicht zur Beurteilung heranzuziehen.

Im Fall 2 hat sich im Rahmen der Analyse gezeigt, dass sich grundsätzlich keine auffälligen Zusammenhänge zwischen den Messsignalen und den Aufzeichnungen des Beschwerdeführers ergeben. Der Pegel-Zeitverlauf für den gesamten Messzeitraum ist in Abb. 13 dargestellt. Das Kriterium für das Vorliegen tieffrequenter Geräusche nach DIN 45680 ($L_{Ceq} - L_{Aeq} > 20$ dB) wurde in diesem Fall nur zeitweise überschritten. Dies macht die Analyse der Daten langwierig und zeitintensiv.

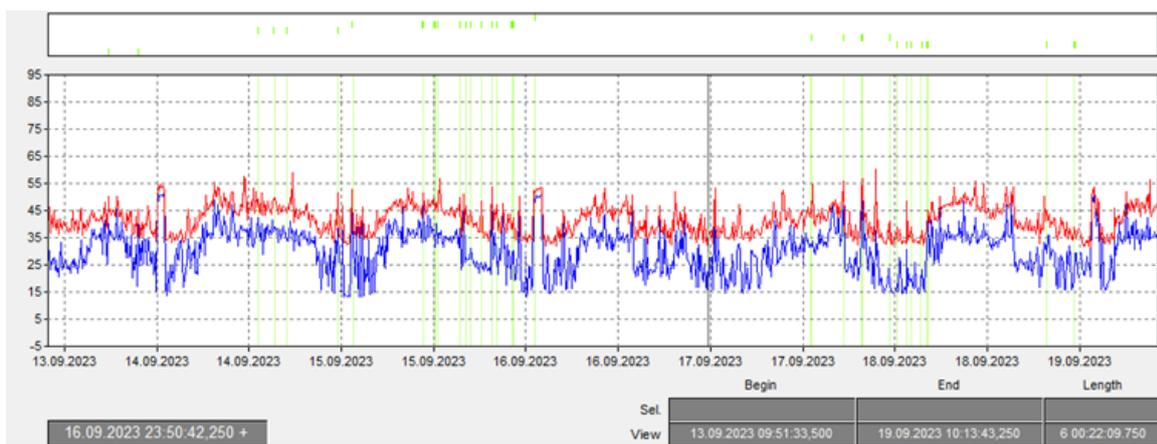


Abb. 13: Darstellung des Pegel-Zeitverlaufs ($L_{A,eq}$ (blau) und $L_{C,eq}$ (rot)) für den gesamten Messzeitraum. Zeitpunkte innerhalb der vom Beschwerdeführer eine besonders starke Belästigung empfunden wurde, sind mit vertikalen grünen Linien markiert.

In Abb. 14 sind alle Datensätze abgebildet für Zeitpunkte, an denen vom Beschwerdeführer eine besonders starke Belastung (bezeichnet als „Summen, Brummen, Schleudern und Pauken“) mittels Drücken des Tasters angegeben wurde, diese korrespondieren zu den vertikalen grünen Markierungen in Abb. 13. Innerhalb

des markierten Zeitbereichs, für den das Kriterium der DIN 45680 erfüllt ist, wird die Grenzkurve für eine Belästigung bei Vorliegen von Einzeltönen im Zeitraum Nacht von 8 bis 100 Hz deutlich unterschritten, wie aus der Zusammenfassung in Abb. 14 ersichtlich wird. Jedoch zeigt sich hier teilweise eine Überschreitung der Wahrnehmungsschwelle (grüne Linie) bei 50 Hz bis 80 Hz. Die 10%-Perzentil-Hörschwelle (schwarze Linie) wird in keinem der Fälle erreicht.

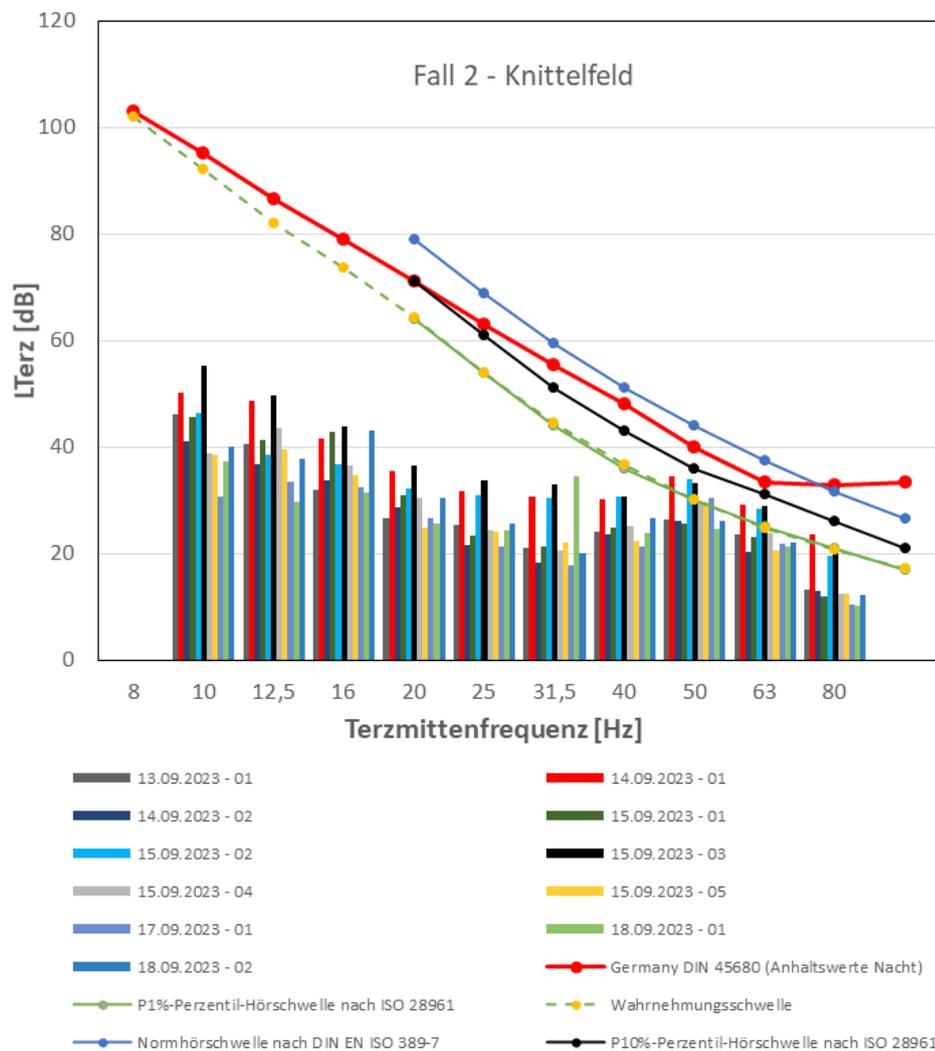


Abb. 14: Analyse der vom Beschwerdeführer als „besonders belästigend“ markierten Zeitbereiche und Vergleich mit den verwendeten Hörschwellen.

5.2.2 Fazit – Fall 2

In diesem Fall wurde eine Langzeitmessung über einen Zeitraum von sechs Tagen durchgeführt, mittels eines Tasters wurden vom Beschwerdeführer die Zeiträume von als besonders stark empfundenen Belastungen markiert. Vorort konnten von den Messtechnikern (und vom Beschwerdeführer während der Anwesenheit der Messtechniker) keine tieffrequenten Geräusche wahrgenommen werden. Innerhalb des Messzeitraums gab es zeitweise Überschreitungen des Kriteriums für die Präsenz von tieffrequenten Geräuschen nach DIN 45680, die Anhaltswerte werden aber deutlich unterschritten und können somit klar eingehalten werden. Auch in diesem Fall ist über die DIN 45680 hinausgehend unter 100 Hz kein internationaler Grenzwert überschritten,

Handlungsbedarf von Seiten der Behörde besteht daher nicht. Die Hörbarkeit von tieffrequenten Immissionen ist auch in diesem Fall als aus statistischer Sicht nachvollziehbar einzuschätzen, da die Wahrnehmungsschwelle nach Referenz (3), welche die Grenzkurve zum Bereich angibt, der nur mehr von 1 % der Bevölkerung wahrgenommen werden kann, erreicht bzw. überschritten wird.

Hinzu kommt in diesem Fall jedoch, dass sich für einige der markierten Bereiche eine Korrelation mit relativ hohen A-bewerteten Schalldruckpegeln zeigt, wie aus Abb. 13 ersichtlich. Die Korrelation mit dem C-bewerteten Pegelverlauf ist hier geringer. Daher liegt hier der Schluss nahe, dass in diesem Fall Immissionen im Hörschallbereich die Ursache der Beschwerde bilden. Insbesondere wurden in den Spektren Tonhaltigkeiten bei 400 Hz gefunden. Tentativ handelt es sich hierbei also nicht um einen Brummtone-Fall, sondern tatsächlich um eine Beschwerde bezüglich Immissionen im normalen Hörschallbereich. Eine Quelle im Freien (also zum Beispiel eine Betriebsanlage) mit genügend Schallleistung, um die Signale zu erklären, kann jedoch ausgeschlossen werden, da eine solche von vielen Bewohnern in der Umgebung wahrgenommen werden könnte.

5.3 Fall 3 – Luftwärmepumpe Bezirk Graz-Umgebung 1

In diesem Fall handelt es sich um eine Beschwerde aus dem ländlichen Siedlungsraum bezüglich einer Luftwärmepumpe. Im Rahmen eines ersten Ortsaugenscheins konnten mehrere Luftwärmepumpen ausfindig gemacht werden, insbesondere können diese Pumpen im Außenbereich deutlich wahrgenommen werden. Von den Beschwerdeführern wird das Geräusch als Dauergeräusch beschrieben, welches während der Messung von den anwesenden Beschwerdeführern ständig wahrgenommen werden konnte. Von den Messtechnikern konnte im gleichen Zeitraum subjektiv kein tieffrequentes Geräusch wahrgenommen werden.

Da es sich hierbei um Anlagen handelt, deren Beurteilung in den Bereich des Baugesetzes fällt, werden in diesen Fällen auch Messungen an den Grundgrenzen der Beschwerdeführer durchgeführt. Relevant ist hierbei der sogenannte Widmungsbasispegel gemäß ÖNORM S 5021 (27), welcher im Zeitraum Nacht für Kurgebiete bei 25 dB, für Reine Wohngebiete bei 30 dB und für Allgemeine Wohngebiete bei 35 dB liegt. Diese Werte konnten in Fall 3 eingehalten werden.

Zusätzlich wurden jedoch auch tieffrequente Immissionen gemäß DIN 45680 untersucht, um die Situation in dieser Hinsicht einzuordnen. Das Ergebnis für den Terzbeurteilungspegel $L_{r, \text{Terz}}$ ist in Abb. 15 dargestellt. Aufgrund eines brennenden Holzofens im Raum, welcher zu höheren Terzmaximalpegeln führt, können die Terzmaximalpegel nicht verlässlich verwendet werden. Aus der Abbildung ist ersichtlich, dass auch in diesem Fall die Grenzkurve gemäß DIN 45680 für den Beurteilungszeitraum Nacht um mehr als 10 dB unterschritten ist. Ab 80 Hz wird die Wahrnehmungsschwelle überschritten, diese Tendenz setzt sich darüber in den Hörschallfrequenzbereich fort.

Angemerkt wird zu diesem Fall, dass es sich um ein sehr ruhiges Wohnhaus handelt, der A-bewertete Schalldruckpegel wurde bei der dargestellten Messung mit 13 dB gemessen. Zusätzlich konnte festgestellt werden, dass im Außenbereich zwar eine Luftwärmepumpe wahrgenommen werden konnte, diese weist aber einen Intervallbetrieb auf. Eine Korrelation der Messsignale mit dieser Pumpe konnte während der Messung nicht festgestellt werden, dies widerspricht auch den Beschreibungen der Beschwerdeführer, welche das Geräusch als kontinuierlich beschreiben. Auf dieser Grundlage kann die im Freien wahrnehmbare Luftwärmepumpe als Ursache ausgeschlossen werden.

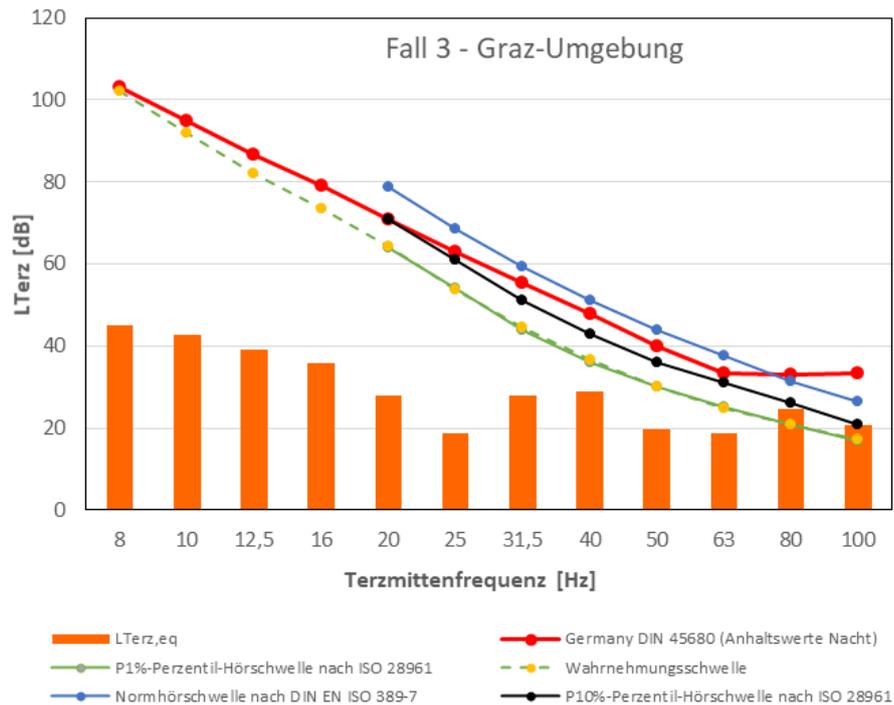


Abb. 15: Darstellung der Terzmaximalpegel im Wohnraum der Beschwerdeführer im Fall 3.

5.3.1 Fazit – Fall 3

Fall 3 stellt einen typischen Luftwärmepumpen-Verdachtsfall dar. Die Einhaltung von Grenzwerten, die sich für solche Pumpen aus dem Baugesetz ergeben, kann relativ einfach durch eine Messung an der Grundgrenze festgestellt werden. Im vorliegenden Fall wurden dahingehend keine Überschreitungen festgestellt.

Eine Betrachtung der Immissionen gemäß den Regeln der DIN 45680 zeigt, dass tieffrequente Geräusche nach Norm vorliegen. Die Anhaltswerte für erhebliche Belästigung nach Norm werden jedoch deutlich unterschritten. Auch nach internationalen Standards lässt sich keine belästigende Störwirkung; die ein behördliches Einschreiten rechtfertigen würde, herleiten. Die 10%-Perzentil-Hörschwelle wird in diesem Fall von den Terzbeurteilungspegeln nicht erreicht. Die Wahrnehmung von Brummtönen kann jedoch auch in diesem Fall zumindest für den untersuchten Wohnraum aus statistischer Sicht nachvollzogen werden, da für 80 und 100 Hz, sowie darüber, im Hörschallbereich die Wahrnehmungsschwelle überschritten wird.

5.4 Fall 4 – Luftwärmepumpe Bezirk Graz-Umgebung 2

Fall 4 bezieht sich ebenfalls auf eine Beschwerde bezüglich einer Luftwärmepumpe im ländlichen Wohnraum (Reines Wohngebiet gemäß Ref. (28)). In diesem Fall ist der Brummtön auch ständig vorhanden und kann von den Beschwerdeführern in allen Räumen wahrgenommen werden. Auch von den Messtechnikern konnte der Brummtön nach längerer Wartezeit zur Beruhigung des Gehörs (>30 min) im am stärksten belasteten Punkt wahrgenommen werden, in allen anderen untersuchten Punkten konnten diese Geräusche von den Messtechnikern subjektiv nicht eindeutig wahrgenommen werden.

In diesem Fall konnte der von den Beschwerdeführern beschriebene Brummtön, insbesondere im angebauten Wintergarten, sehr gut von den Messtechnikern wahrgenommen werden, das korrespondierende Messergebnis ist in Abb. 16 dargestellt. Auch in diesem Fall wird selbst im Wintergarten die Grenzkurve gemäß DIN 45680 für den Beurteilungszeitraum Nacht vom Beurteilungspegel ($L_{\text{Terz,eq}}$ bzw. $L_{\text{Terz,r}}$ rote Balken) nicht erreicht, auch die 10%-Perzentil-Hörschwelle wird nicht erreicht. Jedoch ergibt sich eine deutliche Überschreitung der Anhaltswerte bei Betrachtung der Terzmaximalpegel (blaue Balken), welche sogar die Normhörschwelle nach DIN EN ISO 389-7 überschreiten. Daher ist eine subjektive Wahrnehmbarkeit in diesem Fall, zumindest im Wintergarten, gegeben. In den Aufenthaltsräumen im Inneren des Wohnhauses sind die Hintergrundgeräusche auch in diesem Fall sehr niedrig, ein L_{Aeq} von lediglich 9 dB wurde zum Beispiel im Wohn- und Schlafzimmer gemessen.

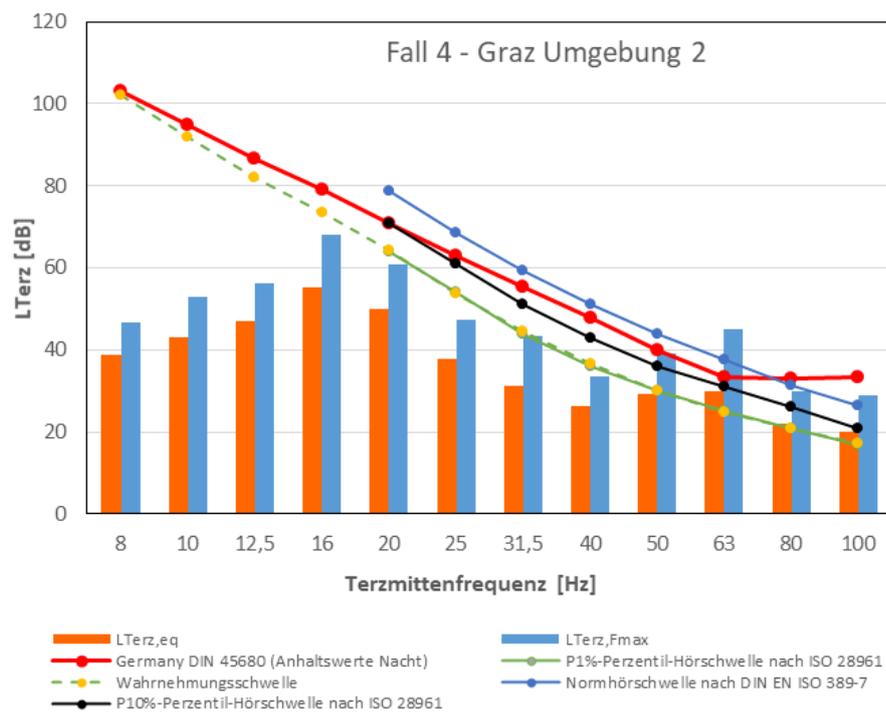


Abb. 16: Darstellung der Terzbeurteilungspegel und der Terzmaximalpegel im Wintergarten der Beschwerdeführer im Fall 4.

Weiters wurden in diesem Fall auch die Immissionen aus der Wärmepumpe untersucht, welche in der Nacht deutlich wahrnehmbar sind. An der Grundgrenze wurde ein Basispegel, welcher von der Luftwärmepumpe geprägt wird, von 35 dB gemessen. Nachdem das betroffene Grundstück im Reinen Wohngebiet liegt, ist hier der Widmungsbasispegel gemäß ÖNORM S 5021 für den Beurteilungszeitraum Nacht von 30 dB überschritten. In diesem Fall ergibt sich damit ein Handlungsbedarf von Seiten der zuständigen Behörde auch unabhängig von der Beurteilung gemäß DIN 45680.

5.4.1 Fazit – Fall 4

In diesem Luftwärmepumpen bezogenen Fall waren im angebauten Wintergarten die von den Beschwerdeführern beschriebenen Geräusche von den Messtechnikern, nach Beruhigung des Gehörs, (>30 min) wahrnehmbar. Tieffrequente Geräusche nach Norm liegen teilweise in den Untersuchungspunkten vor. Trotzdem wurden von den Terzbeurteilungspegeln die Anhaltswerte gemäß DIN 45680 nicht erreicht, jedoch ergeben sich Überschreitungen durch den gemessenen Terzmaximalpegel, welcher in diesem Fall sogar die Normhörschwelle nach DIN EN ISO 389-7 (11) überschreitet. Eine Hörbarkeit ist in diesem Fall daher auch für den gesunden und normalempfindenden Menschen nachvollziehbar. Wichtig in diesem Fall ist jedoch auch die festgestellte Überschreitung des Widmungsbasispegels an der Grundgrenze durch die unter Verdacht stehende Luftwärmepumpe. Daraus ergibt sich ein Handlungsbedarf seitens der Behörde und das Setzen von Lärmschutzmaßnahmen ist in diesem Fall gerechtfertigt. Daher wurde in diesem Fall im ersten Schritt eine Überprüfung der sog. Nachtabenkung der Luftwärmepumpe vorgeschlagen, gefolgt von der möglicherweise notwendigen Installation einer Schallschutzhaube für die Luftwärmepumpe, abhängig von den Überprüfungsergebnissen.

5.5 Fall 5 Bezirk Leibnitz – typische unspezifische Beschwerde mit Verdacht auf einen Bezug zu einer Betriebsanlage

In einigen Fällen wird auch von unspezifischen Ursachen berichtet, von den Beschwerdeführern wird in solchen Fällen keine eindeutige Quelle genannt. Jedoch wird auf einen möglichen Zusammenhang mit Betriebsanlagen hingewiesen, woraus sich wiederum ein Auftrag seitens der Behörde ableiten kann.

Ein Beispiel der Messergebnisse für diesen Fall ist in Abb. 17 dargestellt. Trotzdem von den Betroffenen in solchen Fällen von unerträglicher Lärmbelastung durch Brummtöne berichtet wird, lässt sich dies auf Basis der Messergebnisse, welche die Wahrnehmungsschwelle bei weitem unterschreiten, nicht nachvollziehen. In solchen Fällen, in denen eine Wahrnehmbarkeit aus statistischer Sicht mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit nicht gegeben ist, ist eine externe physikalische Quelle als Ursache auszuschließen. Alternativ kommen innere Ursachen in Betracht, wie zum Beispiel Tinnitus oder akustische Halluzinationen. Dies übersteigt jedoch den Zuständigkeitsbereich der Sachverständigen des Landes Steiermark und ist durch eine individualmedizinische Untersuchung abzuklären.

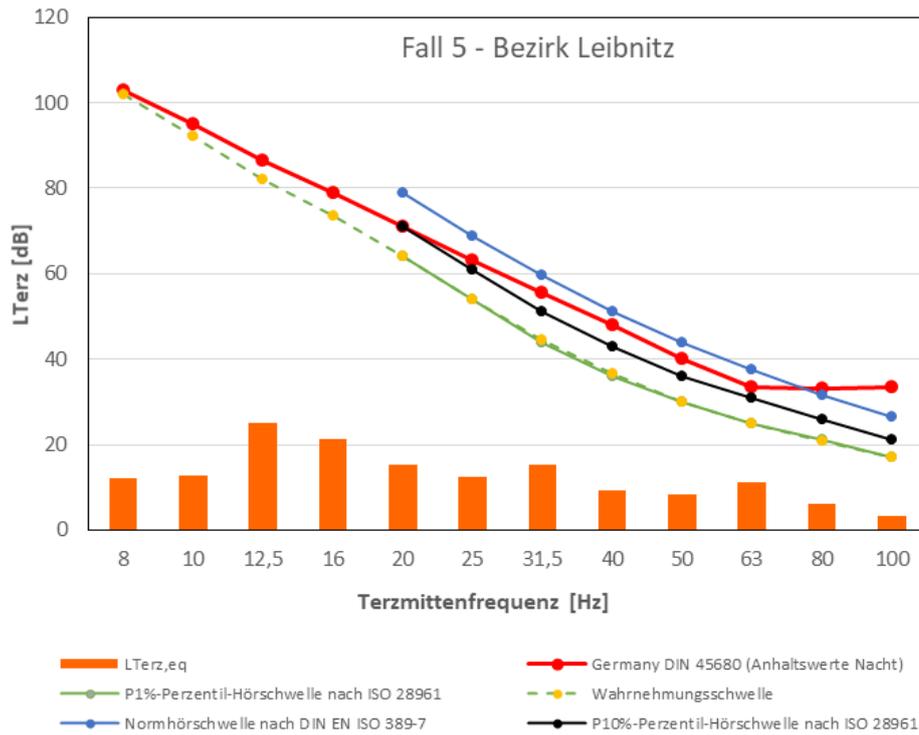


Abb. 17: Darstellung der Terzbeurteilungspegel im Aufenthaltsraum der Beschwerdeführer im Fall 5.

5.6 Zusammenfassung der Messergebnisse

Die obigen Beispiele bieten einen Überblick über die Bandbreite der Beschwerden, weitere Parameter aus den Analysen dieser und weiterer Fälle sind in Tab. 4 aufgelistet. Die nicht im Detail behandelten Fälle entsprechen vom Charakter her dem oben behandelten Fall 5.

Zunächst wird ersichtlich, dass nur in 4 der 8 Fällen das Kriterium für das Vorliegen tieffrequenter Geräusche gemäß DIN 45680 tatsächlich erfüllt ist. Mit Ausnahme von Fall 4, wo in einem angebauten akustisch schlechten isolierten Wintergarten gemessen wurde, liegen die gemessenen Dauerschallpegel größtenteils unter 15 dB. Es handelt sich also typischerweise um besonders ruhige Umgebungen im Zusammenhang mit den Beschwerden. In zwei der untersuchten Fälle (Fall 2 und Fall 6) hat sich darüber hinaus im Zuge der Erhebungen herausgestellt, dass sich die Beschwerden eher auf Immissionen im normalen Hörschallbereich und nicht auf Brummtöne beziehen. In der vierten Spalte von Tab. 4 ist der geringste Abstand des Beurteilungspegels zur Grenzkurve, welche sich aus den Anhaltswerten für das Vorliegen einer in der Regel erheblichen Belästigung nach DIN 45680 Beiblatt 1 für den Nachtzeitraum ergibt, angegeben. In keinem der Fälle wurde der Anhaltswert überschritten. In der Mehrzahl der Fälle liegen die Terzpegel um mindestens 10 dB unter den Anhaltswerten (in Fall 2 ist auf höhere A-bewertete Pegel hinzuweisen). Nur in einem Fall kommen die Immissionen dem Anhaltswert näher und liegen 4 dB darunter. Dabei handelt es sich um einen Fall, bei dem die Überprüfung der Grenzwerte, die sich aus dem Baurecht ergeben, eine Überschreitung liefern, auch die Anhaltswerte gemäß DIN 45680 werden bei Betrachtung des Terzmaximalpegels überschritten.

Als Zusatz ist für die Fälle, bei denen es messtechnisch möglich war, auch der sogenannte G-bewertete Pegel (sowie $L_{p(8\text{Hz}-100\text{Hz})Aeq}$, siehe Kapitel 2.4) angegeben. Eine Eichung der Messgeräte für diesen Bereich ist gesetzlich nicht vorgesehen, die entsprechenden Messwerte können rechnerisch aus den Daten ermittelt werden. Dieser G-bewertete Pegel kann verwendet werden, um Infraschallimmissionen zu beurteilen. Die dänische environmental noise regulation No. 45 (14) gibt hierfür zum Beispiel einen Grenzwert von 85 dB vor. Dieser Pegel wird in allen untersuchten Fällen bei weitem unterschritten. Von einer Infraschall-Belastung in der Steiermark kann daher aus dieser Sicht nicht ausgegangen werden. Grundsätzlich kommen die Messwerte den Anhaltswerten am ehesten zwischen 50 und 100 Hz nahe, die Beschwerden sind daher aus dieser Sicht dem tieffrequenten Hörschallbereich zuzuordnen.

Tab. 4: Zusammenfassung ausgewählter Parameter die in den Untersuchten Fällen bestimmt wurden.

Fall Nr.	$L_{Ceq} - L_{Aeq} > 20 \text{ dB}$ erfüllt?	L_{Aeq} [dB]	Kleinster Abstand $L_{Terz,eq}$ zur Grenzkurve DIN 45680 (Nacht)	$L_{p(8\text{Hz}-100\text{Hz})Aeq}$ [dB]	L_{Geq} [dB]
1	26	12	12 dB bei 63 Hz	1	55
2	teilweise	10-50	ca. 6 dB bei 50 und 63 Hz	6	49
3	24	13	8 dB bei 80 Hz	6	50
4	27	22	4 dB bei 80 Hz	9	65
5	18	14	16 dB bei 50 Hz	-7	44
6	15	13	17 dB bei 63 Hz	-2	
7	17	10	22 dB bei 63 Hz	-10	
8	19	11	23 dB bei 100 Hz	-2	44

Zusammen- fassung

6. Zusammenfassung

In der Steiermark wurden seit dem Jahr 2021 mittlerweile 46 Beschwerden bezüglich tieffrequenter Geräuschimmissionen gezählt (Stand: März 2024). Acht dieser Beschwerden wurden ausgewählt und im Detail untersucht, diese Fälle sind Gegenstand des von der Abteilung 15 (Energie, Wohnbau und Technik) des Amtes der Steiermärkischen Landesregierung durchgeführten Brummtöne-Projekts. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen werden im vorliegenden Bericht präsentiert.

Die Auswahl der untersuchten Fälle ergibt sich dabei aus den gesetzlichen Rahmenbedingungen, so können nur Fälle untersucht werden, denen ein Auftrag zugrunde liegt. Ein gesetzlicher Auftrag kann wiederum nur von einer Behörde erteilt werden, wenn ein Zusammenhang zwischen der Beschwerde und einer behördlich genehmigten Anlage hergestellt werden kann. Bei den in vielen Fällen vorliegenden unspezifischen Wahrnehmungen stehen dem Amt der Steiermärkischen Landesregierung – unter Bezugnahme auf die Geschäftseinteilung – keine rechtlichen Möglichkeiten offen, um tätig zu werden und mögliche Verursacher der Brummtöne auszuforschen. Selbst aus der („General“)-Zuständigkeit „Umweltrecht: Allgemeines und Koordinierung“ ergibt sich keine Grundlage, anhand derer ein Einschreiten seitens des Amtes in unspezifischen Beschwerdefällen abgeleitet werden könnte.

Zum jetzigen Zeitpunkt zeichnet sich auf Basis der Analyse der erhobenen Daten ab, dass es nur in einem der acht untersuchten Fälle zu einer Überschreitung von Anhaltswerten für eine erhebliche Belästigung gemäß der Norm DIN 45680 zur Messung und Bewertung tieffrequenter Geräusche kommt. In zwei der untersuchten Fälle hat sich im Zuge der Erhebung herausgestellt, dass Immissionen im normalen Hörschallbereich als Ursache in Betracht kommen, es handelt sich daher also nicht in allen Beschwerdefällen auch tatsächlich um Beschwerden bezüglich tieffrequenter Geräusche.

In jenem Fall, in dem eine Überschreitung eines Anhaltswerts gefunden wurde, wird als Ursache der Betrieb einer Luftwärmepumpe am Nachbargrundstück in Betracht gezogen. Zusätzlich wurde in diesem Fall auch eine Grenzwertüberschreitung gemäß den gängigen baurechtlichen Beurteilungskriterien festgestellt, in Form einer Überschreitung des Widmungsbasispegels gemäß ÖNORM S 5021 an der Grundgrenze. Daher ergibt sich aus den Erhebungen in diesem Fall ein Handlungsbedarf seitens der Behörde, um geeignete Schutzmaßnahmen für die betroffenen Nachbarn zu setzen.

Weiters zeigt sich, dass in der Mehrzahl der bisher untersuchten Fälle in den betroffenen Wohnungen relativ niedrige (A-bewertete) Schalldruckpegel gemessen werden, welche sich in der Regel unter 15 dB und teilweise sogar unter 10 dB bewegen. Zum Vergleich: 10 dB ist in etwa der Schalldruckpegel der durch Atemgeräusche am Ohr des Menschen verursacht wird. Von den Betroffenen wiederum werden die tieffrequenten Geräusche als zum Teil extrem belästigend und unzumutbar beschrieben. Um diese Beobachtungen zu erklären und zu verstehen, wurde die gängige Vorgangsweise in der Beurteilung basierend auf der DIN 45680 weiterentwickelt, unter Berücksichtigung der Tatsache, dass das Wahrnehmungsvermögen von Person zu Person stark unterschiedlich sein kann. So kann zum Beispiel festgestellt werden, dass in vielen Fällen die Wahrnehmungen der Betroffenen objektiv und auf Basis der Messung nachvollziehbar sind, wenn individuell unterschiedliche Hörschwellen der Analyse zu Grunde gelegt werden. In einem Teil der Fälle, jedoch nicht in allen, lassen sich diese Wahrnehmungen durch Messwerte auch objektiv als tieffrequent charakterisieren. Ein Handlungsbedarf seitens der Behörde lässt sich daraus jedoch nicht ableiten, da keine Anhaltswerte, welche sich aufgrund gesetzlicher Vorgaben nach dem gesunden und normalempfindenden Menschen richten, überschritten werden. Weiters erklärt sich aus diesen statistischen Zusammenhängen die in solchen Fällen oft vorgefundene Tatsache, dass die Brummgeräusche nur von wenigen Personen überhaupt wahrgenommen werden können. Aus objektiver Sicht kann in einigen Fällen jedoch das Vorliegen einer durch externe Quellen verursachten Belastung im tieffrequenten Bereich mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit sogar ausgeschlossen werden. Dies deutet auf innere, möglicherweise von einem Mediziner im Rahmen einer individualmedizinischen Untersuchung zu klärenden Ursachen in einem Teil der Fälle hin und nicht auf extern vorhandene physikalische Quellen. Eine individualmedizinische Untersuchung ist dabei nicht die Aufgabe eines medizinischen Amtssachverständigen, welcher aufgrund der einschlägigen rechtlichen Vorgaben für die Beurteilung der Zumutbarkeit von Belästigungen durch

die Behörde bei der Beantwortung der Frage nach dem Belästigungsausmaß auf gesunde normal empfindende Kinder und Erwachsene Bezugzunehmen hat und nicht auf konkrete (gegebenenfalls auch besonders empfindliche, vorgeschädigte etc.) Einzelpersonen.

Im internationalen Vergleich ist das Schutzniveau, welches sich aus der in der Beurteilung der Amtssachverständigen des Landes angewendeten Norm ergibt, als relativ streng zu bewerten. Aus der Analyse der Fälle zeigt sich, dass auch bei Beachtung internationaler Standards keine weiteren Überschreitungen von Grenz- oder Anhaltswerten in den untersuchten Fällen zu erwarten sind. Erkenntnisse aus der Forschung, die seit Erscheinen der angewendeten DIN 45680 im Jahr 1997 gewonnen wurden, werden in der Beurteilungspraxis der Abteilung 15 des Landes Steiermark bereits mit einbezogen. Dies zeigt sich zum Beispiel durch die Berücksichtigung der Wahrnehmungsschwelle und der 10%-Perzentil-Hörschwelle sowie durch die Betrachtung des Infraschallbereichs mittels G-bewerteter Schalldruckpegel. Die Vorgehensweise entspricht dadurch weiterhin dem Stand der Technik und berücksichtigt den aktuellen Stand der Wissenschaft in der Beurteilung.

Anhang

7. Anhang

7.1 Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Verteilung der beim Amt der Steiermärkischen Landesregierung eingegangenen und bearbeiteten Brummtönefälle in der Steiermark (Stand: 03/2024).....	8
Abb. 2: Schematische Darstellung der Hörfläche des normalempfindenden Menschen als Schalldruckpegel in Abhängigkeit von der Frequenz.....	10
Abb. 3: Unterscheidung in Hörschall, tieffrequenter Schall und Infraschall. Die Grenze zwischen Infraschall und tieffrequenter Schall ist in der technischen Akustik mit 16 Hz festgelegt.....	11
Abb. 4: Zusammenhang von Wellenlänge und Frequenz, Quelle: Referenz (5), Bayrisches Landesamt für Umwelt, reproduziert mit Zustimmung des Urhebers.....	11
Abb. 5: Schematische Darstellung der Ausbreitung von tieffrequenten Schallwellen, Quelle: Referenz (5), Bayrisches Landesamt für Umwelt, reproduziert mit Zustimmung des Urhebers.....	12
Abb. 6: Darstellung der in d. Arbeit verwendeten Bewertungsfilterfunktionen in Abhängigkeit der Frequenz... 15	15
Abb. 7: Vergleich der Anhaltswerte für erhebliche Belästigung gemäß DIN 45680 bei hervortretenden Einzeltönen für den Beurteilungszeitraum Tag (orange) und Nacht (rot) im Vergleich zur Hörschwelle gemäß DIN 45680 und ÖNORM EN ISO 389-7 (12) bzw. (13).....	18
Abb. 8: Auswahl an internationalen Grenzkurven für Innenräume im Vergleich zum Beurteilungsmaßstab der DIN 45680 (rot, Anhaltswerte Nacht). Im Vergleich dazu ist die 1%-Perzentil Hörschwelle und die Normhörschwelle (ISO 226) dargestellt.....	20
Abb. 9: Emissionscharakteristik der untersuchten Betriebsanlage in Judenburg in 20 m Entfernung. Das Wohnhaus der Beschwerdeführer befindet sich in ca. 350 m Entfernung.....	32
Abb. 10: Messergebnisse im Wohnhaus der Beschwerdeführer in Judenburg, ausgewählt zur Darstellung wurde der Raum mit den höchsten Immissionen. Zwischen dem Betrieb mit eingeschalteter (blau) und ausgeschalteter (grün) vermuteter Quelle kann messtechnisch kein signifikanter Unterschied festgestellt werden.....	33
Abb. 11: Messergebnisse zu Fall 1 in Judenburg mit Darstellung der Terzbeurteilungspegel (rot) und der Terzmaximalpegel (blau) im tieffrequenten Bereich im Vergleich zu ausgewählten Grenzkurven.....	34
Abb. 12: Darstellung der zur Beurteilung in diesem Fall heranzuziehenden Terzbeurteilungspegel, welche mit den ausgewählten Kurven verglichen werden. Im tieffrequenten Bereich unter 100 Hz wird weder die Wahrnehmungsschwelle noch die Grenzkurve nach DIN 45680 für den Zeitraum Nacht (bei auftretenden Einzeltönen) erreicht oder überschritten.....	35
Abb. 13: Darstellung des Pegel-Zeitverlaufs ($L_{A,eq}$ (blau) und $L_{A,eq}$ (rot)) für den gesamten Messzeitraum. Zeitpunkte innerhalb der vom Beschwerdeführer eine besonders starke Belästigung empfunden wurde, sind mit vertikalen grünen Linien markiert.....	36
Abb. 14: Analyse der vom Beschwerdeführer als „besonders belästigend“ markierten Zeitbereiche und Vergleich mit den verwendeten Hörschwellen.....	37
Abb. 15: Darstellung der Terzmaximalpegel im Wohnraum der Beschwerdeführer im Fall 3.....	39
Abb. 16: Darstellung der Terzbeurteilungspegel und der Terzmaximalpegel im Wintergarten der Beschwerdeführer im Fall 4.....	40
Abb. 17: Darstellung der Terzbeurteilungspegel im Aufenthaltsraum der Beschwerdeführer im Fall 5.....	42

7.2 Literaturverzeichnis

1. DIN 45680 Messung und Bewertung tieffrequenter Geräuschimmissionen in der Nachbarschaft. 03 1997.
2. Krahe, D. Tieffrequenter Schall und Infraschall. ALD-Informationen, Arbeitsring Lärm der DEGA. 2020.
3. Schmidt, Manfred. Forschungsvorhaben zur Messung und Prognose der Einwirkung tieffrequenter Schalle an Immissionsorten für DIN 45680, Abschlussbericht Nr. M111460/05. März 2016.
4. H. Møller and C.S. Pedersen. Hearing at low and infrasonic frequencies. Noise & health. 2004, Bd. 6, 23, S. 37-57.
5. Bayrisches Landesamt für Umwelt. Broschüre - Windenergieanlagen, Infraschall und Gesundheit. 07/2022.
6. Umweltbundesamt (Deutschland). Leitfaden Tieffrequente Geräusche im Wohnumfeld. 2017.
7. Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg. Tieffrequente Geräusche inkl. infraschall von Windkraftanlagen und anderen Quellen. Bericht über Ergebnisse des Messprojekts 2013-2015. 2020, 3. Auflage.
8. Johanna Bengtsson, Kerstin Persson Waye. Assessments of low frequency noise complaints among the local Environmental Health Authorities and a follow-up study 14 years later. Journal of Low Frequency Noise, Vibration and Active Control. 2003, Bd. 22, 1.
9. Beiblatt 1 zu DIN 45680 Messung und Bewertung tieffrequenter Geräuschimmissionen in der Nachbarschaft - Hinweise zur Beurteilung bei gewerberechtlichen Anlagen. 03 1997.
10. Tröger, Thomas. Untersuchung der Eigenschaften von tieffrequenten Geräuschemissionen bei Blockheizkraftwerken (BHKWs) zur Formulierung spezifischer Nebenbestimmungen des tieffrequenten Lärmschutzes im baurechtlichen und immissionschutzrechtlichen Genehmigungsverfahren. Chemnitz : Diplomarbeit, Hochschule Mittweida (FH), 2009.
11. Schmidt, Manfred. Forschungsprojekt zu Kurven gleicher Lautstärke für DIN 45680, Abschlussbericht Nr. M111460/04. März 2015.
12. ÖNORM EN ISO 389-7 Akustik — Standard-Bezugspegel für die Kalibrierung von audiometrischen Geräten. 2020.
13. DIN EN ISO 226 Akustik – Normalkurven gleicher Lautstärkepegel. 2003.
14. D. Oliva, V. Hongisto, J. Keränen und V. Koskinen. Measurement of low frequency noise in rooms. s.l. : Finnish Institute of Occupational Health, Helsinki and Indoor environment laboratory, Turku, 2011.
15. Norm Nr.45, Environmental noise regulation in Denmark. 2012.
16. ISO 28961 Acoustics — Statistical distribution of hearing thresholds of otologically normal persons in the age range from 18 years to 25 years under free-field listening conditions. 2012.
17. K. Kurakata, T. Mizunami, K. Matsushita and K. Ashihara. Statistical distribution of normal hearing thresholds under free-field listening conditions. Acoustical Science and Technology. 2005, Bd. 26, 5, S. 440-446.
18. ISO 7196 Acoustics — Frequency-weighting characteristic for infrasound measurements. 1995.
19. Kunzmann, B. und B. Vogelsang Spürbar, wahrnehmbar, hörbar? – Die DIN 45680 vor neuen Herausforderungen. [Hrsg.] Springer/VDI Verlag. Lärmbekämpfung. Mai 2016. Bd. 11, 3, S. 111-115.
20. Messung und Beurteilung von tieffrequenten Geräuschen durch technische Anlagen in der bauakustischen Praxis. K.M. Weidlich, R. Kurz und D. Groß. Darmstadt : DAGA, 2012.
21. ALD Arbeitsring Lärm der DEGA. Energiewende und Lärmschutz. ALD-Schriftreihe Band 2. 2016.
22. FGW - Fördergesellschaft Windenergie und andere Dezentrale Energien. Technische Richtlinien für Windenergieanlagen - Teil 1: Bestimmung der Schallemissionswerte. 03/2021, Revision 19.
23. M. Kundi, T. Haider, H.P. Hutter, H. Moshhammer und P. Wallner. Bewertung und Auswirkungen von

unzumutbaren Belästigungen durch Fluglärm Ergänzte und korrigierte Fassung. Wien : Medizinische Universität Wien, 2011.

24. Moshhammer, Hutter und. WHO Environmental Noise Guidelines 2018. Wien : Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie, 2020.
25. 2018, WHO Europe. Environmental Noise Guidelines for the European Region, WHO Regional Office for Europe. Copenhagen, Denmark : s.n., 2018. ISBN 978 92 890 5356 3.
26. ÖNORM B 8115-2. Schallschutz und Raumakustik im Hochbau - Teil 2: Methodik zur Ermittlung von Schallschutzniveaus, 2021-04.
27. ISO 9613-2. Akustik - Dämpfung des Schalls bei der Ausbreitung im Freien, Teil 2: Allgemeines Berechnungsverfahren. 2008.
28. ÖNORM S 5021, Schalltechnische Grundlagen für die örtliche und überörtliche Raumplanung und -ordnung. 2017.2016. Bd. 11, 3, S. 111-115.

7.3 Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Hörschwellenpegel LHS in Abhängigkeit von der Terzmittelfrequenz gemäß DIN 45680 (1).	15
Tab. 2: Anhaltswerte für das Vorliegen von in der Regel erheblichen Belästigungen für den Fall (i) ohne deutlich hervortretende Einzeltönen aus DIN 45680, Beiblatt 1.....	17
Tab. 3: Anhaltswerte bei deutlich hervortretenden Einzeltönen aus DIN 45680, Beiblatt 1	17
Tab. 4: Zusammenfassung ausgewählter Parameter die in den Untersuchten Fällen bestimmt wurden.	43

