

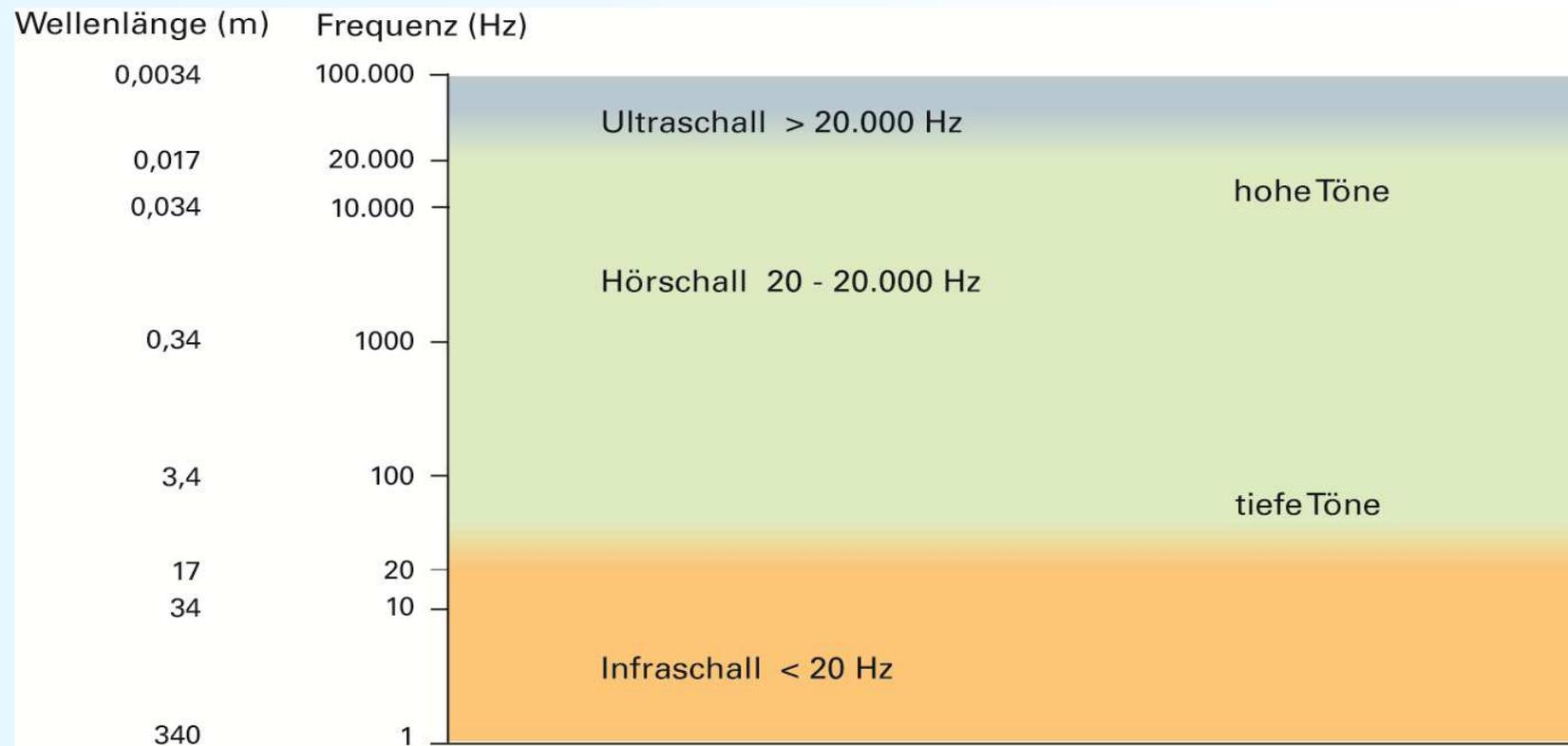


Gesundheitliche Auswirkungen von Infraschall
"Mittwochs im MULEWF" am 4.11.2015

Bernhard Brenner, Caroline Herr

Hörschall, tiefe Töne und Infraschall

Hörschall, Infraschall sowie tiefe Töne werden anhand ihrer Tonhöhe d.h. Frequenz bzw. Wellenlänge unterschieden



Quelle: LfU, LGL (2012): Windkraftanlagen – beeinträchtigt Infraschall unsere Gesundheit?

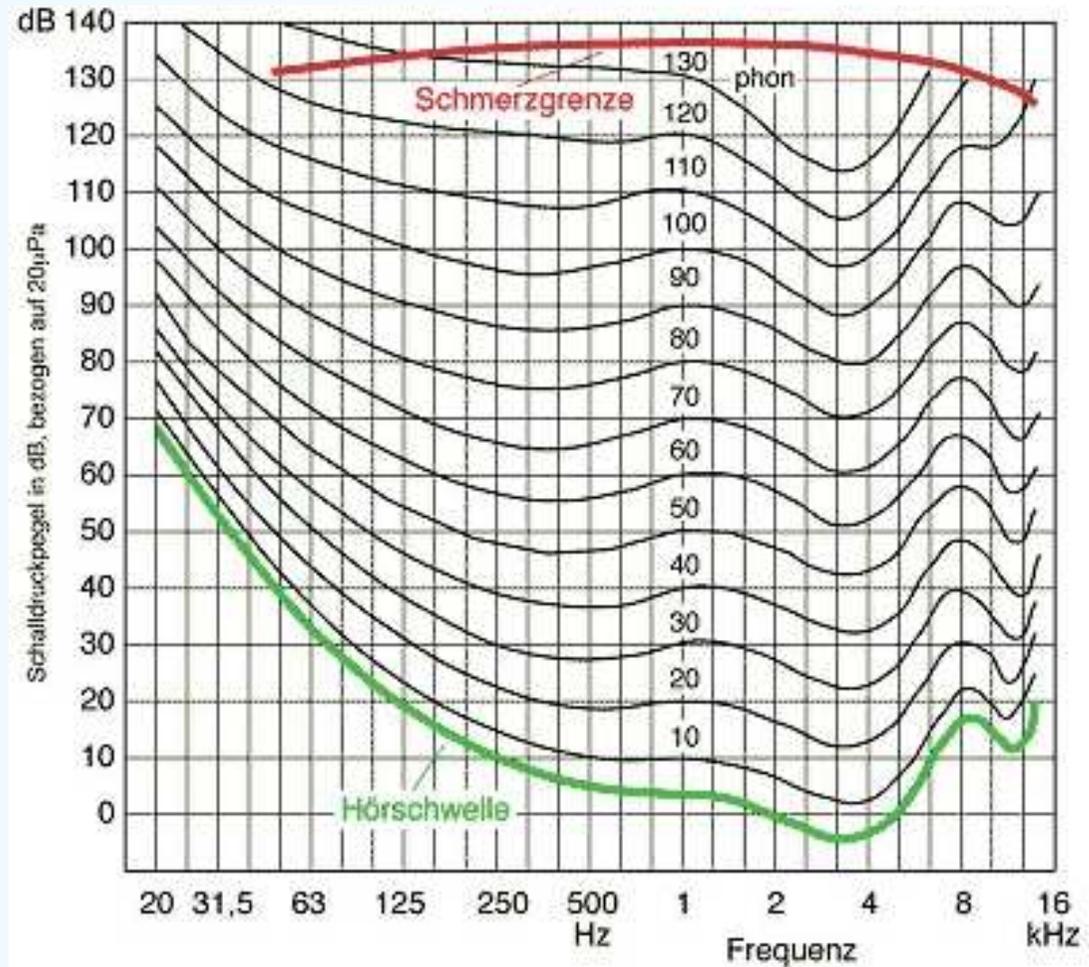
Hörschall

Gleich laut empfundene Schallpegel - Kurven gleicher Lautstärke

Empfindlichkeit des Gehörs ist frequenzabhängig !

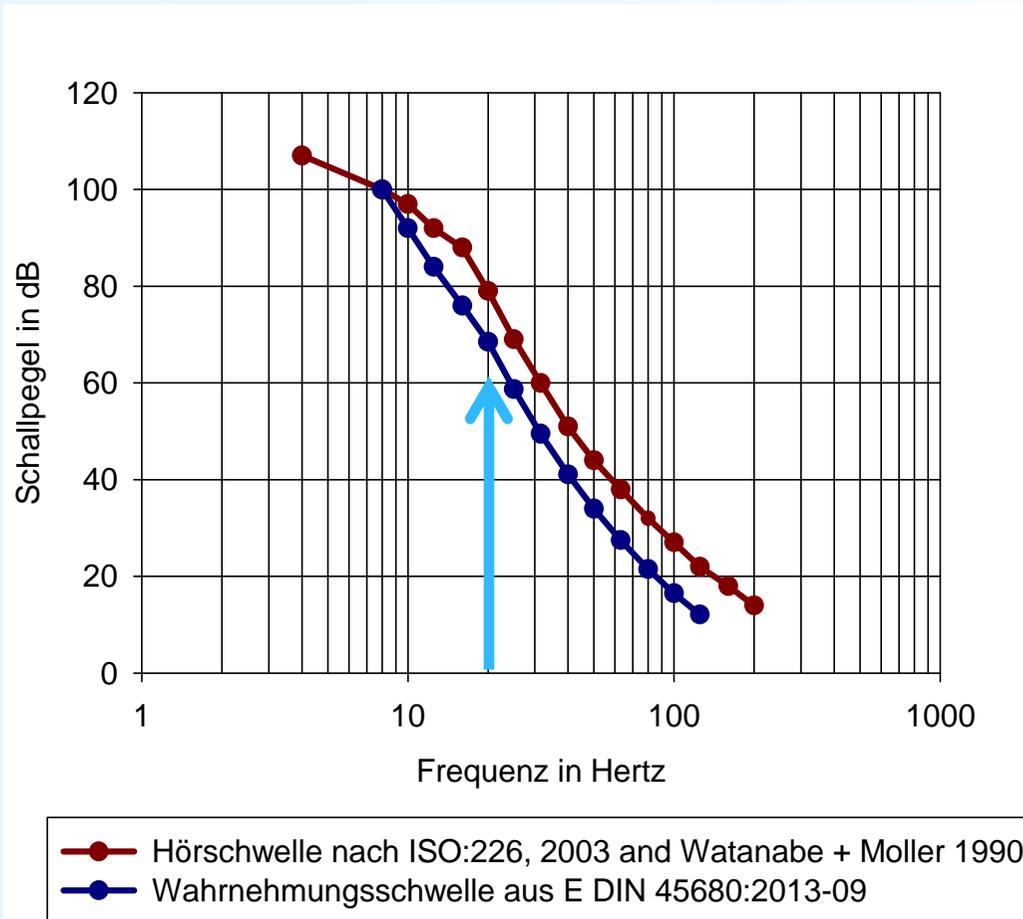
Deutliche Abnahme zu tiefen Tönen $f < 100$ Hz

→ Tiefe Töne werden deutlich leiser empfunden als Töne im Sprachfrequenzbereich



Quelle: LfU (2013): Lärm – Hören, messen und bewerten

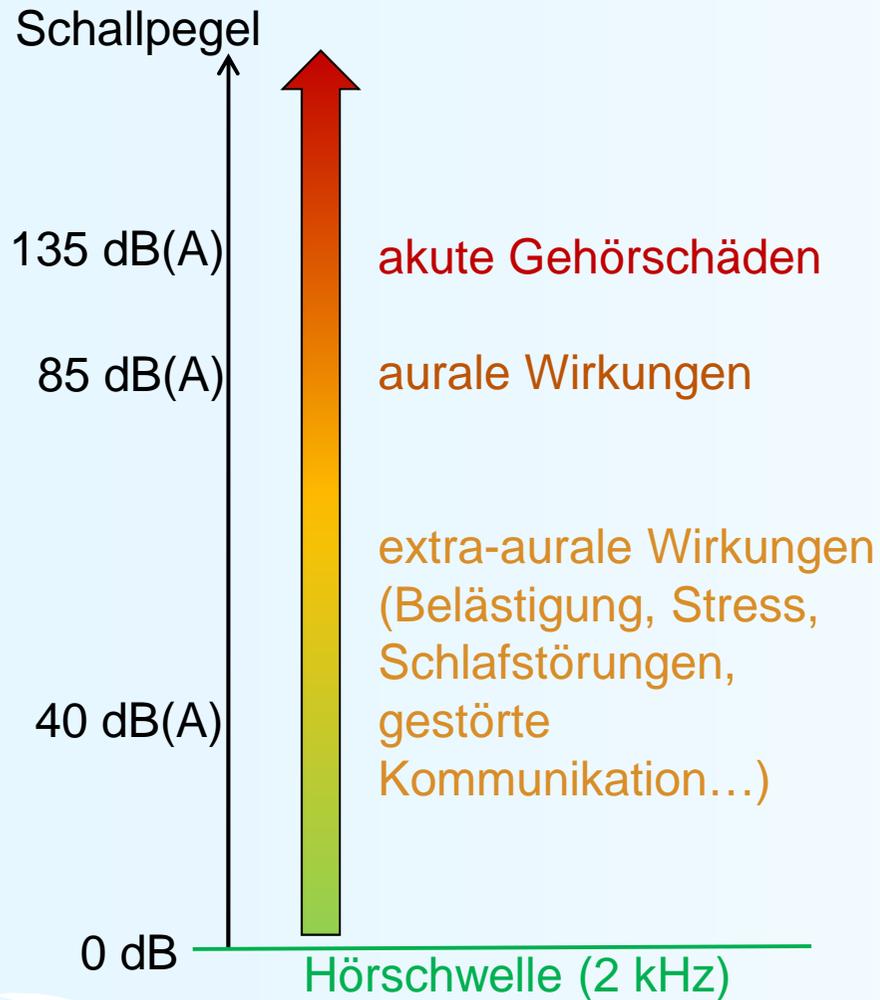
Hörschwelle bzw. Wahrnehmungsschwelle im tieffrequenten Schallbereich (8 - 100 Hz) bzw. Infraschallbereich (< 20 Hz)



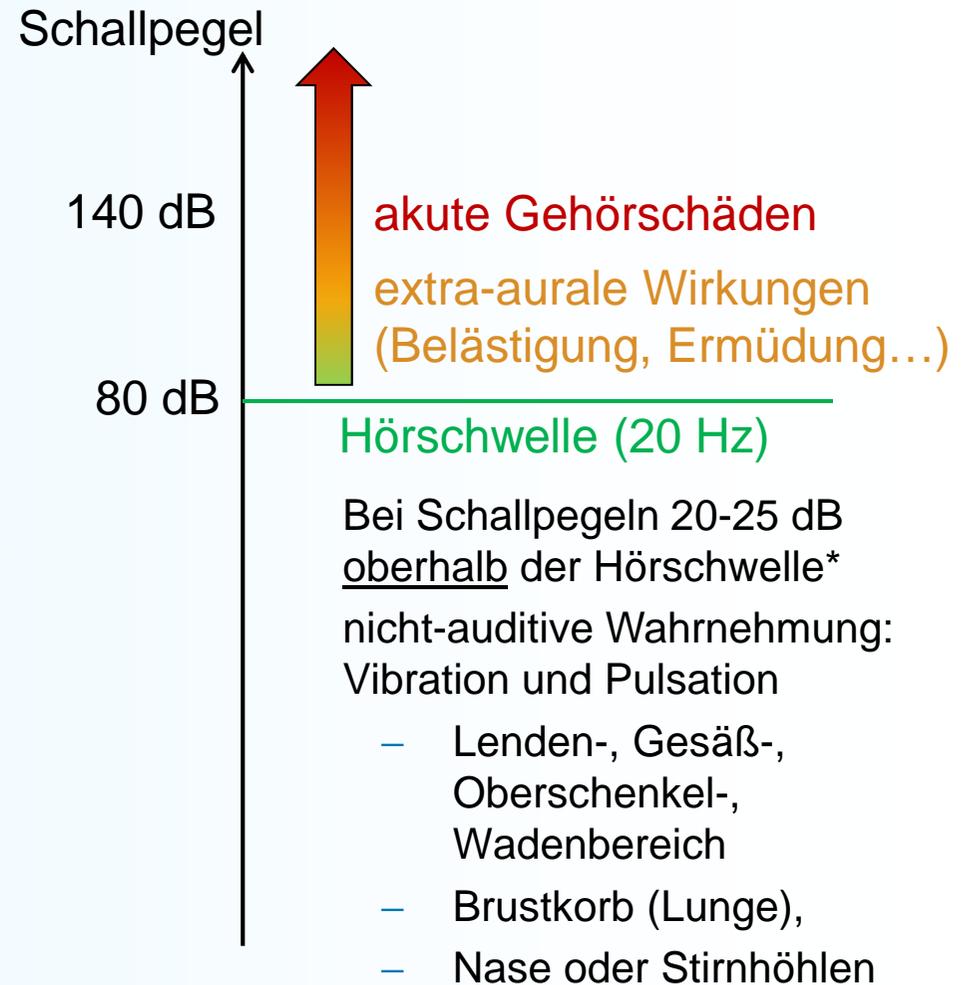
Art des Hörens im Infraschallbereich:

- geringe Sensitivität des Gehörs
- Hörschwelle höher als Wahrnehmungsschwelle
- keine Tonhöhen- und Lautstärkenempfindung
- Luftdruckänderungen (Pulsieren und Vibrationen) als Druckgefühl auf den Ohren wahrnehmbar

Wirkungen des Hörschalls



Wirkungen des Infraschalls



*Moller H, Pedersen CS: Hearing at low and infrasonic frequencies. Noise & Health 2004; 6: 37-57

Wirkungen des Infraschalls auf den Menschen

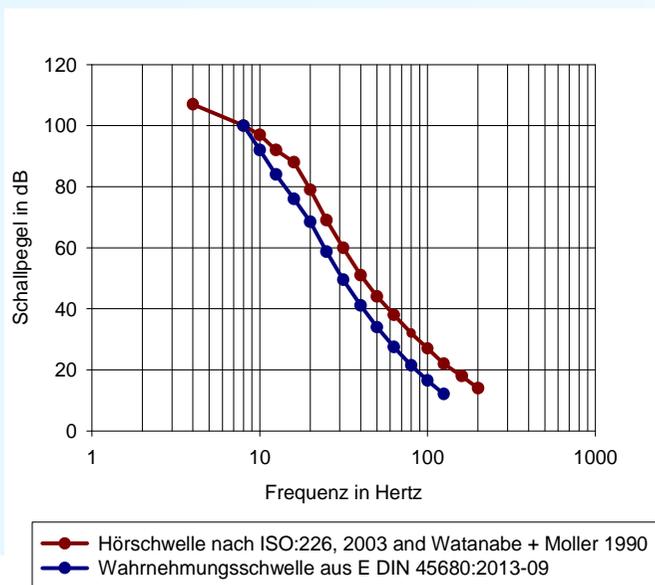
- Das Gehör: empfindlichstes Wahrnehmungsorgan des Menschen für Infraschall (Moller & Pedersen 2004)
- oberhalb Hörschwelle: Belästigung und physiologische / gesundheitliche Effekte
- unterhalb Hörschwelle:
 - kein Hinweis auf gesundheitliche Wirkungen (Ising 1982, Landström & Byström 1984, Moller 1984)
 - Anregung der äußeren Haarzellen im Innenohr („schallverstärkende“ Funktion → erhöhte Sensitivität des Gehörs) (Salt & Hullar 2010) (Kugler et al., 2014)
 - Anregung der Gleichgewichtsorgane bei < 1 Hz und hohen Schallpegeln möglich (Schomer et al., 2015)

Bedeutung für die Gesundheit ?

Messung und Beurteilung tieffrequenter Geräuschimmissionen

- TA Lärm, Kap. 7.3 und Anhang A.1.5
- DIN 45680 DIN 45680: Messung und Bewertung tieffrequenter Geräuschimmissionen in der Nachbarschaft (zur Beurteilung gewerblicher Anlagen)

wenn Differenz zwischen C- und A- bewerteten
 Pegel $L_{CF} - L_{AF} > 20 \text{ dB}$: → nach Frequenzen
 differenzierte Beurteilung der Immissionen



Anhaltswerte bei deutlich hervortretenden Einzeltönen								
Beurteilungszeit	Differenzen nach Gleichung 1							
	ΔL_1 [dB] bei Terzmittenfrequenz				ΔL_2 [dB] bei Terzmittenfrequenz			
	8 Hz	10-63 Hz	80 Hz	100 Hz	8 Hz	10-63 Hz	80 Hz	100 Hz
Tagstunden	5	5	10	15	15	15	20	25
Nachtstunden	0	0	5	10	10	10	15	20

Tabelle 2: Anhaltswerte für tieffrequente Einzeltöne nach DIN 45680, Beiblatt 1

$$\Delta L_1 = L_{\text{Terz},r} - L_{\text{HS}}$$

$$\Delta L_2 = L_{\text{Terz},\text{Fmax}} - L_{\text{HS}}$$

Gleichung 1 nach DIN 45680 – Beiblatt 1

$L_{\text{Terz},r}$ = Terz-Beurteilungspegel des hervortretenden Einzeltones

$L_{\text{Terz},\text{Fmax}}$ = maximaler Terz-Schalldruckpegel

L_{HS} = Hörschwellenpegel nach DIN 45680

Tieffrequente Geräuschimmissionen von WEA

Sind tieffrequente Schallimmissionen einer Windenergieanlage (WEA) zu berücksichtigen?

- Nach TA Lärm wenn $L_{CF} - L_{AF} > 20$ dB d.h. wenn vorherrschende Energieanteile unter 90 Hz liegen*

→ **bei WEA bisher nicht zutreffend !**

- **Außenbereich:** Überschreitungen von Hör- bzw. Wahrnehmungsschwelle möglich, eher oberhalb von 80 Hz, auch dann nachweisbar, wenn WEA nicht in Betrieb bzw. vorhanden sind
- **Innenbereich:** kein Fall bekannt, bei dem es zu einer Überschreitung von Anhaltswerten der DIN 45680 gekommen wäre
- **Belästigung** möglich, sobald die Hörschwelle überschritten wird; besonders störend sind tieffrequente Einzeltöne

*Wahrnehmung im tieffrequenten Bereich nicht mehr durch den Verlauf der sonst üblichen A-Bewertung richtig beschrieben. Lärm ist tieffrequent im Sinn von DIN 45680, wenn vorherrschende Energieanteile unter 90Hz liegen; in der Regel ist dann die Differenz zwischen dem C- und dem A-bewerteten Pegel $L_{CF} - L_{AF} > 20$ dB.

Schallemissionen und – Immissionen von WEA

Emissionen

(Schallabgabe durch Rotorbewegung und Luftturbulenzen)

- steigen mit zunehmender Größe der Anlagen
ebenso steigt der Anteil an tieffrequentem Schall und Infraschall
- nehmen mit zunehmender Windstärke zu
ab 7 - 8 m/s keine weitere Zunahme

Immissionen

(Schalleintrag in der Umgebung)

- Anteil an tieffrequentem Schall anlagenfern höher als anlagennah
- Infraschall anlagennah unterhalb der Hörschwelle
(Jakobsen 2005, Moller und Pedersen 2011)
- Schalleintrag am höchsten im Frequenzbereich 250 bis 1000 Hz
- durch ortsübliche Infraschall – Quellen im Hintergrund sowie durch Luftturbulenzen an der Anlage können Pulsationen (d.h. Schalldruckschwankungen) überlagert auftreten

Infraschall-Immissionen von Windenergieanlagen (WEA)

Kommt es durch den Betrieb von WEA an Immissionsorten zu einer relevanten Erhöhung der Infraschall-Immissionen?

Wie hoch sind die Infraschall-Immissionen von WEA?

Siehe Messungen des Bayerischen Landesamtes für Umwelt (LfU) und des LUBW, *Evans, Cooper & Lenchine 2013* Messreihe vom 04.11.14 an 2 Windenergieanlagen (2,3 MW u. 2,4 MW).

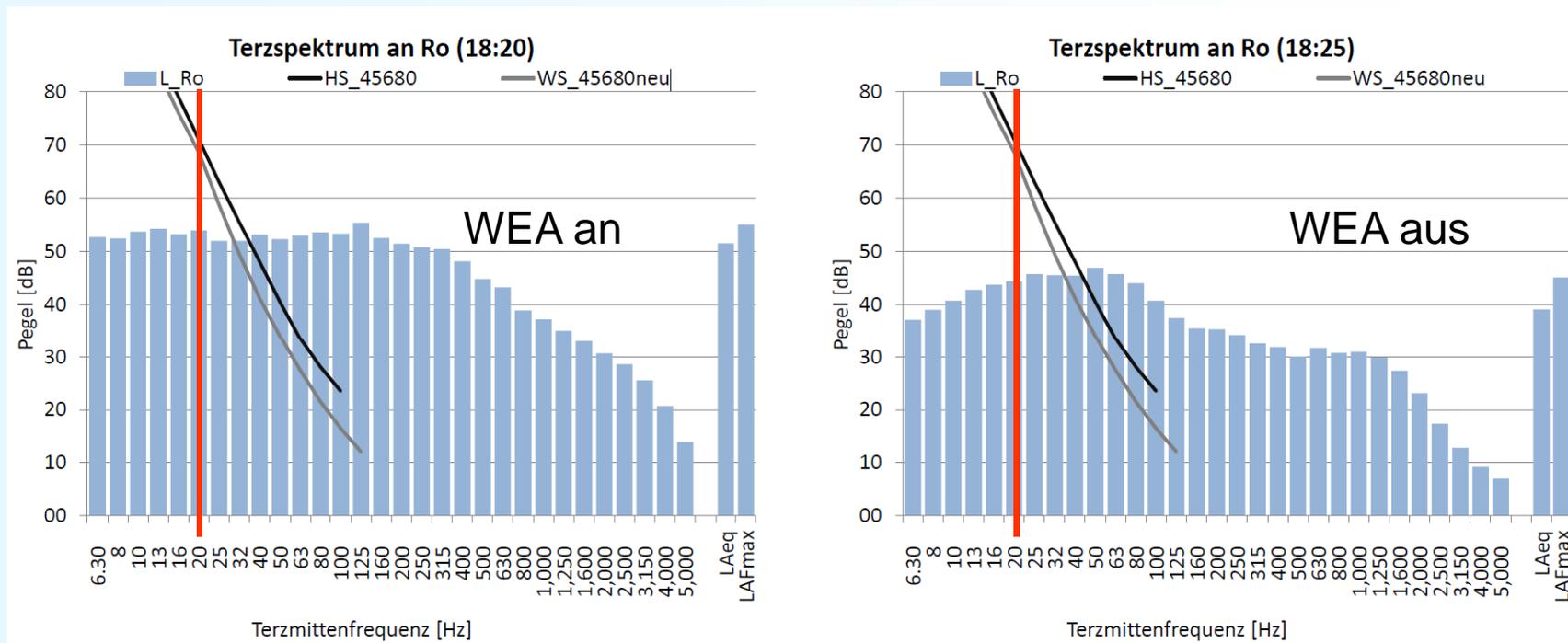


Legende zu den LfU - Messwerten (siehe nachfolgende Folien)

Vwind	Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe (ca. 140 m)
Vwind(10m)	Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe (gemessen)
rpm	Umdrehungen pro Minute (Rotor, od. Generator)
L_MPL2a	Schalldruckpegel am MPL2 (Außenmessung, TA Lärm)
L_MPL3i	Schalldruckpegel am MPL3 (Innenmessung, DIN 45680)
LA(t)_Ro	Schalldruckpegel auf schallharter Platte (ca. 180 m zu WEA 1)
L_Ro	Terzpegel unbewertet an Ro (180 m zur WEA 1)
HS	Hörschwelle nach DIN 45680
WS	Wahrnehmungsschwelle nach DIN 45680 (neu)
L2a	Terzpegel unbewertet am L2a (Außenmesspunkt ca. 900m)
L3i	Terzpegel unbewertet am L3i (Innenmesspunkt ca. 900m)

Schall-Immissionen - Ort der höchsten Schallpegel von Windenergieanlagen (WEA)

Vergleich der Schallimmissionspegel bei aus- und angeschalteter WEA
1. am Ort der höchsten Immissionen (ca. 180 m Entfernung)*



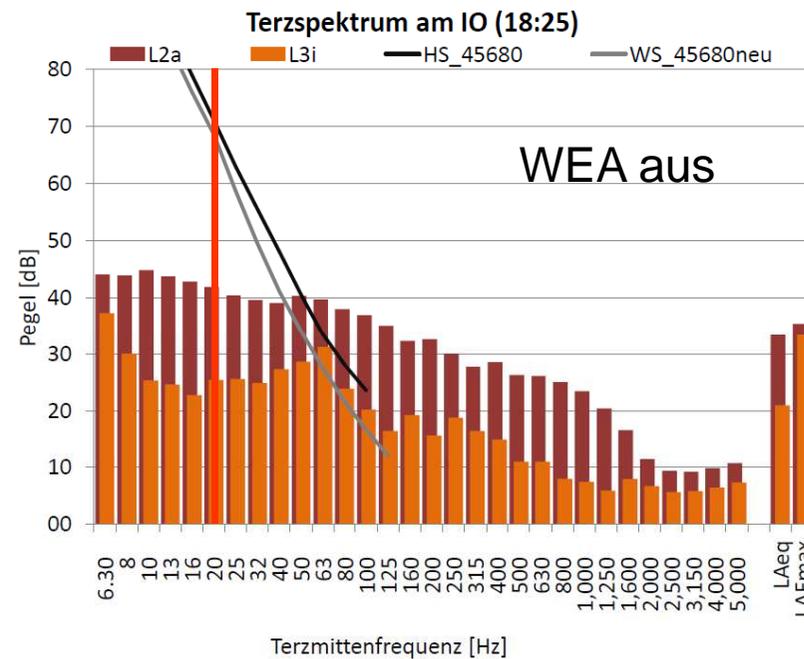
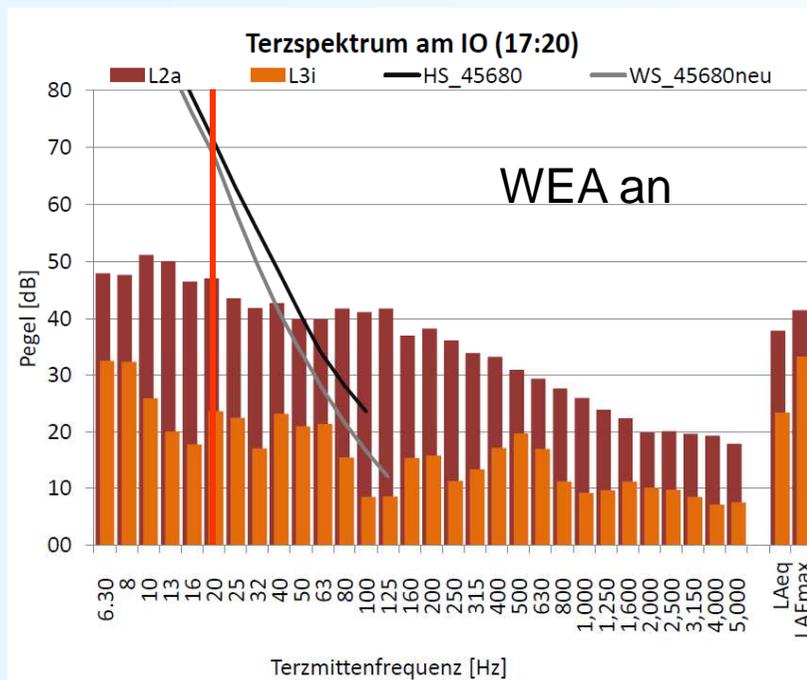
* Messungen des Bayerischen Landesamtes für Umwelt (LfU): Messreihe vom 04.11.14 an 2 Windenergieanlagen (2,3 MW u. 2,4 MW). Anlagen befanden sich in süd-östlicher Richtung zum Immissionsort, d.h. Mitwindsituation $v = 10$ m/s.

Schall-Immissionen von Windenergieanlagen (WEA) - verschiedene Immissionsorte

Vergleich der Schallimmissionspegel bei aus- und angeschalteter WEA:
 2. an relevanten Immissionsorten (**Außen** und **Innenraum**) (ca. 900 m Entfernung)

Messreihe (LfU) vom 04.11.14 an 2 Windenergieanlagen (2,3 MW u. 2,4 MW).

Anlagen befanden sich in süd-östlicher Richtung zum Immissionsort, d.h. Mitwindsituation $v = 10 \text{ m/s}$



Zusammenfassung

Infraschall

- ist ebenso wie Hörschall eine tieffrequente Luftdruckschwankung
- kann bei hohem Schalldruck gehört und wahrgenommen werden
- In Studien, in denen ausschließlich Infraschall unterhalb der Hörschwelle vorlag (bei WEA der Fall!), konnten keine gesundheitlichen Wirkungen auf den Menschen beobachtet werden (*liegen gleichzeitig tonhaltige Schallanteile (auch Pulsationen) im tieffrequenten Bereich bis 100 Hz oberhalb der Hörschwelle vor, können diese eine plausible Ursache für eine beobachtete Wirkung darstellen*)
- Infraschall von Windenergieanlagen (WEA)
 - schon bei geringen Abständen unterhalb der Hörschwelle
 - verändert im Wohnumfeld die ortsübliche Infraschall - Hintergrundexposition (ohne Anlage) nicht wesentlich

Herzlichen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!