

INFRASCHALL DIE UNHÖRBARE GEFAHR

Informationsveranstaltung 04.04.2025 Holzgerlingen

© Dipl.-Phys. Dieter Böhme

Anmerkung: Bilder und Fotos in diesem Vortrag sind Bildzitate

Infraschall aus Sicht eines Physikers: Die unhörbare Gefahr?

<https://www.epochtimes.de/wissen/technik/infraschall-aus-sicht-eines-physikers-die-unhoerbare-gefahr-a4999657.html?welcomeuser=!>

Infraschall – und das Vorsorgeprinzip?

Bayerisches Landesamt für Umwelt & LUBW

Schallpegelmessungen an Windenergieanlagen: Zusammenfassung

- Wissenschaftliche . Studien **legen nahe**, dass Infraschall nur dann Folgen haben kann, **wenn Menschen ihn wahrnehmen können**.
- Infraschall von WEA liegt deutlich unterhalb der **Hör-** und **Wahrnehmungsgrenzen**.
- Nach **heutigem** wissenschaftlichem **Stand** sind keine schädlichen Auswirkungen auf Wohlbefinden und Gesundheit **zu erwarten**."

→ Fragen

- **Vorsorgeprinzip?**
- **Radioaktivität** hat nur Folgen, wenn Menschen sie **wahrnehmen** können, oder?
- **Hören – ist nicht gleich – Wahrnehmen**
- hörbarer Schall: ca. 20 Hz....20 kHz
- Infraschall < 20 Hz

→ Auto: Grenzwerte für Stickoxide (→ **Diesel-Verbot**), CO₂ (→ **Verbrenner-Verbot**)

→ **Finde den Fehler**

Infraschall – die LUBW-Studie

LUBW–Studie (der Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg)

Diese Luftabsorption ist von der Frequenz abhängig: Tieffrequenter Schall wird wenig, hochfrequenter Schall stärker gedämpft.

Eine Besonderheit besteht in der **vergleichsweise geringen Dämmung tieffrequenter Schallwellen** durch Wände oder Fenster, so dass Einwirkungen auch im Innern von Gebäuden auftreten können.

SPL ca. 70 dB gemessen (wie Verkehr)

Viele Alltagsgeräusche enthalten deutlich mehr Infraschall.

<https://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/erneuerbare-energien/infraschall>

Tieffrequente Geräusche inkl. Infraschall von Windkraftanlagen und anderen Quellen

Beim **LUBW-Messprojekt Tieffrequente Geräusche inkl. Infraschall von Windkraftanlagen** und anderen Quellen² wurden **in den Jahren 2013-2015** die tieffrequenten Geräusche inkl. Infraschall in der Umgebung moderner Windkraftanlagen und anderer Quellen wie Straßenverkehr, Geräte im Haushalt und Windgeräusche in freier Natur gemessen. Es wurden sechs Windkraftanlagen mit einer Nennleistung zwischen **1,8 MW und 3,2 MW** unterschiedlicher Hersteller untersucht. Ergänzend wurden an einer **2,4 MW-Windkraftanlage** Erschütterungsmessungen durchgeführt. Der vorliegende ausführliche Bericht enthält eine Vielzahl Messergebnisse. Neben allgemeinen Informationen zum Thema Infraschall bietet er umfangreiche Erläuterungen zu Fachbegriffen. Zielgruppe sind Fachleute sowie interessierte Bürgerinnen und Bürger.

<https://pudi.lubw.de/detailseite/-/publication/84558>

➔ **Messtechnik:** Mikrofon, SPL-Messung, kein Tiefpassfilter, keine Fourier-Analyse, **kein Vergleich bzgl. Periodizität**

Infraschall – Das (ignorierte) Vorsorgeprinzip

GG Artikel 2 / 2: (2)

1. Jeder hat das Recht auf Leben und körperliche Unversehrtheit.
2. Die Freiheit der Person ist unverletzlich.
3. In diese Rechte darf nur auf Grund eines Gesetzes eingegriffen werden.

Das **Vorsorgeprinzip** ist ein Prinzip der Umweltpolitik und Gesundheitspolitik. Danach sollen die **denkbaren Belastungen** bzw. Schäden für die Umwelt bzw. die menschliche Gesundheit im **Voraus (trotz unvollständiger Wissensbasis)** vermieden oder weitestgehend verringert werden. Es dient damit einer Risiko- bzw. Gefahrenvorsorge. Eine einheitliche Definition dieses Begriffes existiert nicht. Dem Vorsorgeprinzip steht als Gegensatz das Wissenschaftsprinzip gegenüber, nach dem nur solche Risiken betrachtet werden sollen, die wissenschaftlich belegbar sind.

Quelle <https://de.wikipedia.org/wiki/Vorsorgeprinzip>

Schall –Ultraschall - Infraschall

Maßstab - das menschliche Gehör

Frequenz

wer hört es?

Schall: 20 Hz – 20 kHz

Mensch

Ultraschall: > 20 kHz

Hund, Fledermaus

Infraschall: < 20 Hz

Wal

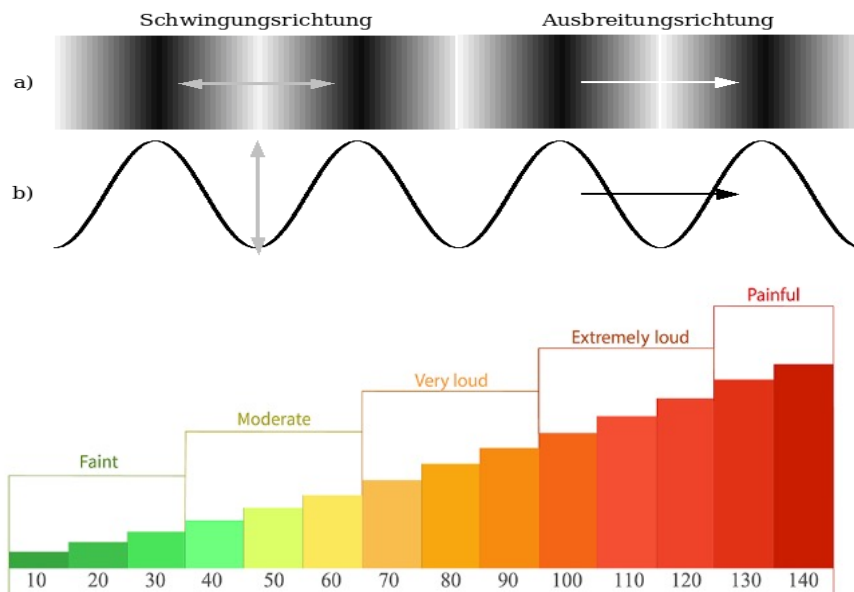
Physikalisch: Longitudinalwelle mit unterschiedlichen Frequenzen und Wellenlängen

Longitudinalwelle: **Druck schwingt in Ausbreitungsrichtung**

man denke an eine Ziehharmonika

Die Physik von Schall & Infraschall

Schall & Infraschall = Druckwellen, die in Ausbreitungsrichtung schwingen (Longitudinalwellen)



dB-Bewertung gem. Druck

6 dB = Verdoppelung des Drucks

10 dB = Verdreifachung

20 dB = Verzehnfachung

Quellen <https://de.wikipedia.org/wiki/Longitudinalwelle>
<https://www.akustikform.ch/raumakustik/dezibel-skala>
[https://de.wikipedia.org/wiki/Bel_\(Einheit\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Bel_(Einheit))

Bewegte Luft = verdichtet sich wellenförmig mit Frequenz (f)

Schallgeschwindigkeit in Luft $v = 343 \text{ m/s}$

Es gilt: $v = \lambda f$

hörbarer Schall: ca. 20 Hz....20 kHz

Wellenlängen: 20 Hz => 17 m / 20 kHz => 0,017 m = 17 mm

Infraschall: < 20Hz

Wellenlängen: **1 Hz => 343 m**

rechtliche Bewertung: DIN 45680, TA-Lärm: > 8 Hz

Schallintensität (Maßeinheit Watt pro Quadratmeter): W/m^2

Schalldruck (Maßeinheit Pascal pro Quadratmeter): Pa/m^2

Schalldruckpegel, Sound Pressure Level, SPL (Maßeinheit Dezibel,):dB)

hörbarer Schall:: 0,000020 Pa - 200 Pa (Faktor $10^7 = 10 \text{ Mio.}$)

L_p = Schalldruckpegel (Maßeinheit Dezibel: dB)

$L_p = 20 \lg (p/p_0)$

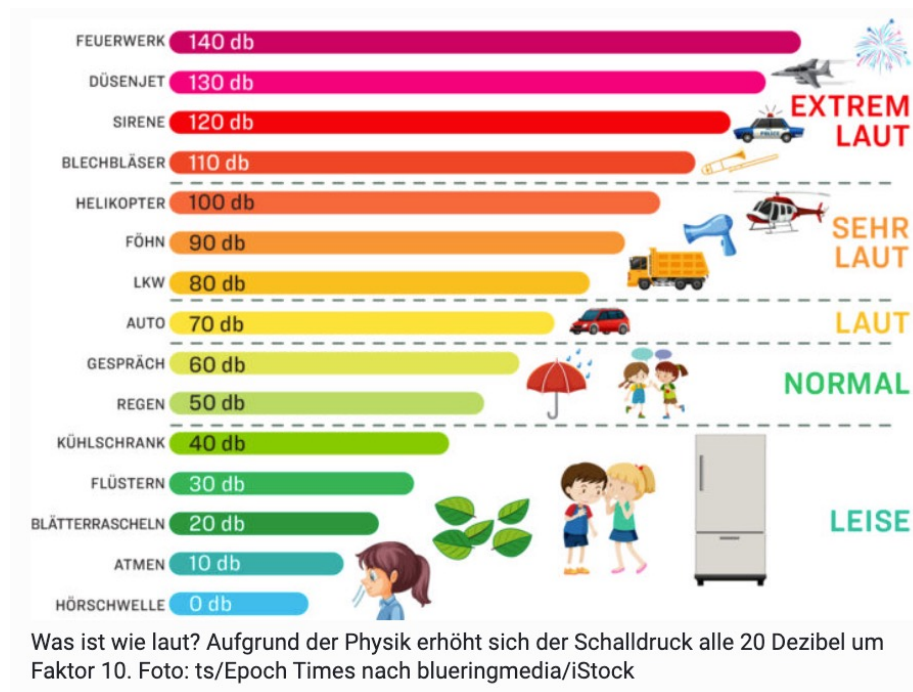
p = gemessene Schalldruck

p_0 = **Hörschwelle: 20 μPa** (Mikropascal) bei **1 kHz Sinus**

dB(A): Bewertung gem. **Frequenzgang menschliches Gehör**

Schall-Wahrnehmung des Menschen – die dB(A)Bewertung

Die menschliche Wahrnehmung führt dazu, dass ein doppelt so hoher Dezibel-Wert auf der Skala nicht gleichbedeutend ist mit einer Verdoppelung des Schalldruckpegels. Auch wenn Lautstärke subjektiv wahrgenommen wird, so lautet die Faustregel, dass eine Steigerung von **10 dB in etwa einer Verdoppelung der (gefühlten) Lautstärke** und **20 dB dem 10-fachen**, entspricht. Die **dB(A)**-Bewertung berücksichtigt frequenzabhängige menschliche Hörvermögen (**ist am besten bei 1 kHz**)



Infraschall aus Sicht eines Physikers: Die unhörbare Gefahr?

<https://www.epochtimes.de/wissen/technik/infraschall-aus-sicht-eines-physikers-die-unhoerbare-gefahr-a4999657.html?welcomeuser=1>

Infraschall – Lärm ist nicht gleich Lärm

Umweltamt Dortmund - Lärm & Lärminderung
 „Das Rauschen des Meeres oder eines Flusses kann **genauso laut** sein wie eine **stark befahrene Straße**, die **Störwirkung** dieser Geräusche dürfte jedoch **völlig unterschiedlich eingeschätzt** werden. Eine objektive Beurteilung dieser Geräuscheigenschaften ist jedoch kaum bzw. gar nicht möglich.“

<https://www.dortmund.de/themen/umwelt-nachhaltigkeit-und-klimaschutz/laerm-und-laermminderung/>

Tabelle:
https://www.google.de/url?sa=i&rct=j&q=&esrc=s&source=images&cd=&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKewiorYuOsN_XAhXFbVAKHZw7D8kQjRwiBw&url=https://www.dortmund.de/de/leben_in_dortmund/umwelt/umweltamt/immissionsschutz/laerm/index.html&psig=AOvVaw3JYOea1DR2MB4hyfokvFpM&ust=1511893359875395

Einstufung durch Immissionsschutz-Behörde (Kontakt Behörde)

Beispiele	Schalldruckpegel in dB	Schalldruck in N/m ²
Düsenjäger in 30 m Entfernung	140	200
Schmerzschwelle	130	63,2
Unwohlseinsschwelle	120	20
Kettensäge in 1m Entfernung	110	6,3
Disco 1 m vom Lautsprecher	100	2
Dieselmotor 10 m entfernt	90	0,63
Rand einer Verkehrsstraße 5 m	80	0,2
Staubsauger in 1 m Abstand	70	0,063
Normale Sprache in 1m Abstand	60	0,02
Normale Wohnung, ruhige Ecke	50	0,0063
Ruhige Bücherei in der Ferne	40	0,002
Ruhiges Schlafzimmer bei Nacht	30	0,00063
Ruhegeräusch im TV-Studio	20	0,0002
Blätterrascheln in der Ferne	10	0,000063
Hörschwelle	0	0,00002

Infraschall vom Windrad & anderen Quellen

Blätterwald & Meeresrauschen – nicht periodisch , unsymmetrisch


Windrad – periodisch, nicht symmetrisch

Schlafen bei offenem Fenster & Meeresrauschen


Tropfender Wasserhahn

INFRASOUND & MOTION SICKNESS
Presented by: Kevin A. Dooley

NON-SYMMETRICAL INFRASOUND
(significantly distorted - **Non-cyclic**)

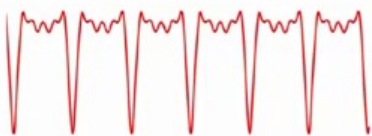


KEVINDOOLEYINC.COM




INFRASOUND & MOTION SICKNESS
Presented by: Kevin A. Dooley

NON-SYMMETRICAL INFRASOUND
(significantly distorted - **Cyclic**)



KEVINDOOLEYINC.COM



<https://www.youtube.com/watch?v=jAB4bZLZp8I>

Infraschall von Windrädern erzeugt auch Oberwellen

Sinus-Welle = eine Frequenz
ein Ton, wie Stimmgabel
Messung: einfach



Druckmessung

> 16 Hz → Mikrofon

1 Hz → Mikrobarometer, Tiefpass-Filter

Hörbarkeit % Wahrnehmung < 16 Hz

- menschliches Ohr keine Hörbarkeit
- Wahrnehmung auf andere Weise

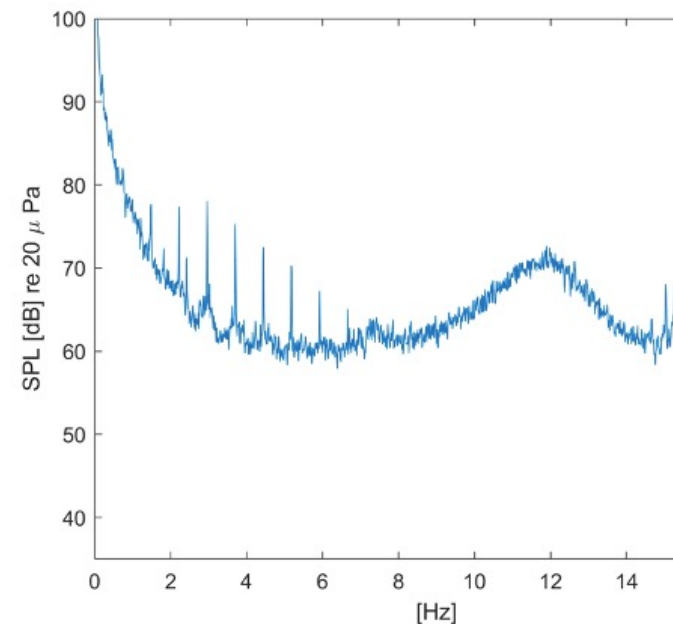
„**Wahrnehmung** bezeichnet jenen Aspekt des **psychischen** Geschehens und Erlebens, der sich auf die **Kopplung des Organismus** an funktional relevante **Aspekte der physikalischen Umwelt** bezieht. Hierzu gehören **nicht nur** die haptische, visuelle, **auditive**,Wahrnehmung.“

<https://www.akustikform.ch/raumakustik/dezibel-skala>

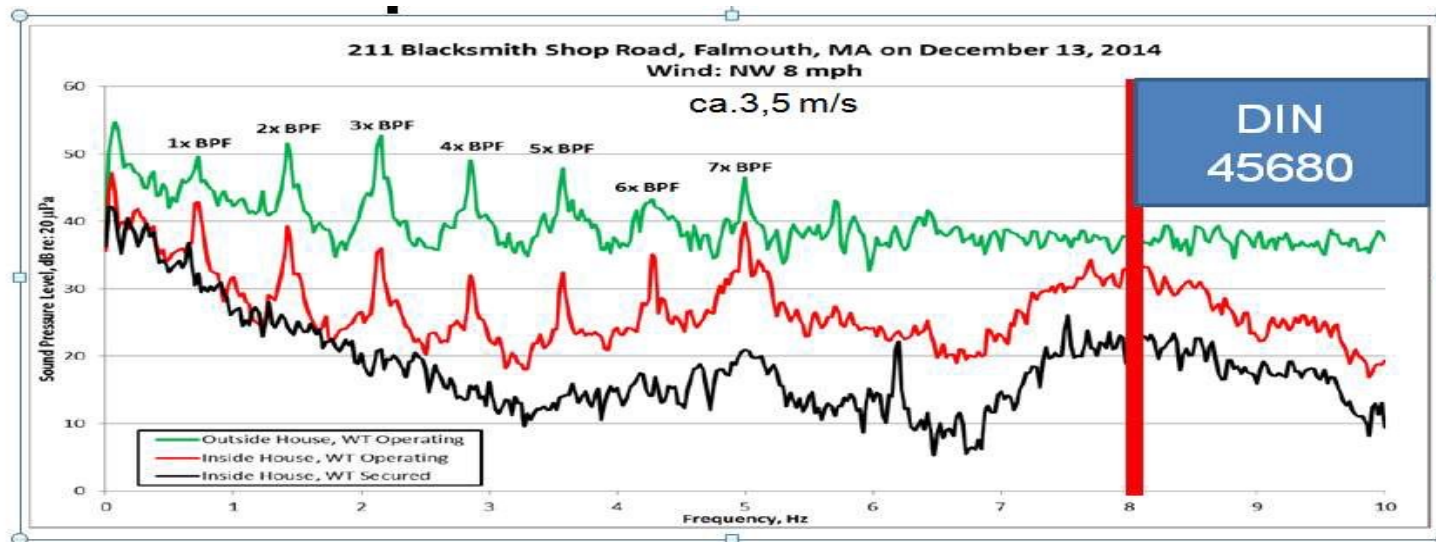
<https://www.youtube.com/watch?v=jAB4bZLZp8I>

<https://www.spektrum.de/lexikon/psychologie/wahrnehmung/16602>

Impulse → keine Sinusform => Oberwellen
Vielfache der Grundfrequenz
Messung: **Fourier-Transformation**



Keine Bewertung Infrasschall - DIN 45680



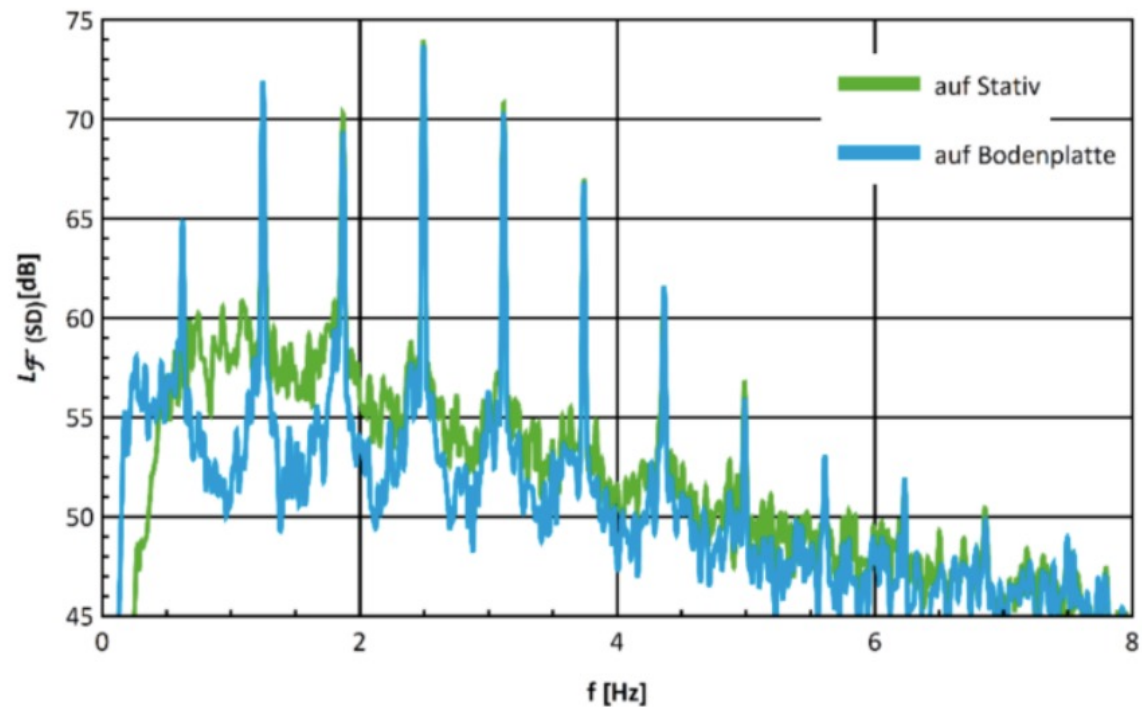
Messungen:
Michael Bahtiarian, Allan Beaudry

Quelle: Gegenwind Weinstraße

Messung erfolgte bei schwachem Wind (3,5 m/s), ohne Erfassung des Körperschalls

- Die schwarze Kurve stellt das Geräuschkpektrum, erzeugt vom Wind an stehender WKA dar.
 - Die grüne und rote Kurve zeigen Erhöhung und Frequenzspitzen bei arbeitender WKA.
 - Erst rechts von der dicken roten Linie beginnt der Messbereich der DIN 45680
- ➔ Die relevanten Spitzen zwischen 0 - 8 Hz werden nicht erfasst
- ➔ Grundfrequenz ist abhängig von der Drehzahl des Rotors und damit von der Größe der WEA
- ➔ Je größer die WEA, desto niedriger die Grundfrequenz (< 1 Hz), umso mehr Oberwellen < 8 Hz

Infraschall-Messung – in Luft & auf Bodenplatte



Exemplarisches Klangspektrum einer Windkraftanlage: Die Frequenz der Windkraftanlage liegt hier bei etwa 0,7 Hz (erste blaue Spitze) mit deutlich erkennbaren Oberwellen. Messung durchgeführt an einem Wohnhaus in etwa einem Kilometer Entfernung. Foto: Dr. Kühner GmbH im Auftrag des Umweltbundesamts (UBA)

Infraschall aus Sicht eines Physikers: Die unhörbare Gefahr?

<https://www.epochtimes.de/wissen/technik/infraschall-aus-sicht-eines-physikers-die-unhoerbare-gefahr-a4999657.html?welcomeuser=1>

Infraschall - Frequenz und Wellenlänge

Schall & Infraschall = Longitudinalwellen

bewegte Luft = verdichtet sich wellenförmig (ähnlich einer Ziehharmonika) mit der Frequenz (f)

es gilt: $v = \lambda f$

f= Frequenz und λ = Wellenlänge

Schallgeschwindigkeit in Luft $v = 343$ m/s

hörbarer Schall: ca. 20 Hz....20 kHz

Wellenlänge:

20 Hz => 17 m

20 kHz => 0,017 m = 17 mm

Infraschall: < 20Hz

Wellenlängen in Luft:

1 Hz => 343 m

0,3 Hz => 1030 m

Wellenlängen in Quarz:

1 Hz => 6.000 m

0,3 Hz => 18.000 m

➔ geringere Absorption

Schallgeschwindigkeit in Festkörpern

Granit		3950
Mauerwerk		3480
Gips	20 Grad	2300
Stein		3600...3800
Marmor	20 Grad	3000
Ziegel	20 Grad	3600
Quarz	20 Grad	5968
Diamant	20 Grad	17500
Glas		4000...5500
Kronglas		5300
Flintglas		4000
Gummi		54
Hartgummi		1570
Kautschuk	20 Grad	30...70

rechtliche Bewertung: DIN 45680, TA-Lärm: > 8 Hz

BGR-Studie: Infraschall-Störungen beim Monitoring von Kernwaffen-Tests

The influence of periodic wind turbine noise on infrasound array measurements

Christoph Pilger, Lars Ceranna

Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR), Stilleweg 2, 30655 Hannover, Germany (JSV_2016_v388_p188.pdf)

https://www.researchgate.net/publication/309540267_The_influence_of_periodic_wind_turbine_noise_on_infrasound_array_measurements

6. Conclusions

This study provides all the necessary procedures for estimating the minimum allowable distance between wind turbines and infrasound stations to guarantee undisturbed recordings.....

As a rule, a distance of **20 km** should be kept between an infrasound station and a single wind turbine to guarantee unhindered recording and detection conditions. The distance would need to increase to **50 km** in the case of a multi-element wind farm. However, when considering geometrical spreading and only occasional tropospheric ducts, a distance of **5 to 10 km** to a single wind turbine and **10 to 15 km** to a wind farm also appears to be adequate and sufficient to allow **unhindered recording and detection** conditions for an infrasound array especially in the context of preserving its **nuclear monitoring capabilities**.

→ **Mikrobarometer, mechanischer Tiefpass-Filter**

BGR: Erklärung zum Infraschall von Windenergieanlagen:

„Durch eine fehlerhafte Umrechnungsformel wurde ein **Rechenfehler von 36 Dezibel** sowohl auf die durch WEA hervorgerufenen Störsignale als auch auf die zu überwachenden Signale (Kernwaffenexplosionen) übertragen. Entscheidend für die Festlegung des Mindestabstands von WEA zu den **BGR-Infraschallmessenanlagen ist die Differenz der beiden Werte, die sich durch den Rechenfehler nicht verändert**. Daher bleibt die gültige Abstandsempfehlung für WEA zum ungestörten Betrieb der BGR-Infraschall-Station IS26 im Bayerischen Wald unverändert bestehen.“

https://www.bgr.bund.de/DE/Gemeinsames/Oeffentlichkeitsarbeit/Pressemitteilungen/BGR/bgr-2021-04-27_erklaerung-zum-infraschall-von-windenergieanlagen.html

Fragliche Bewertung von Infraschall – gem. neuer DIN 45680

DIN 45680 bestellbar beim Beuth-Verlag (DIN-Media) <https://www.dinmedia.de/de>

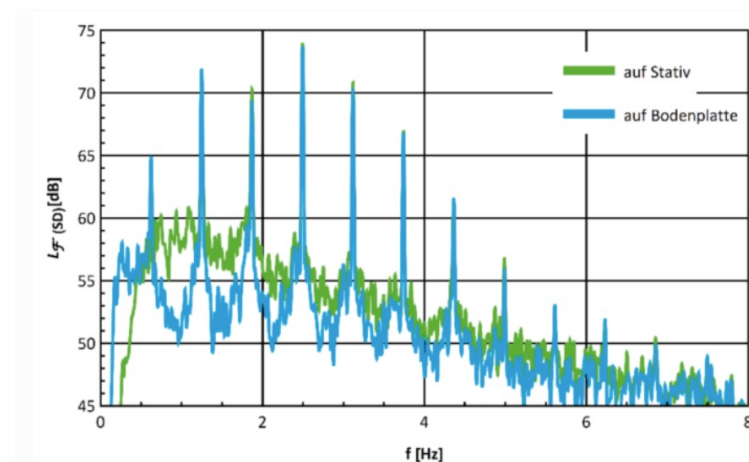
Aus dem Spektrogramm ergeben sich gemäß DIN 45680 drei Bereiche*:

1. Im Bereich **> 8 Hz** wird **normativ gemessen**, obwohl dort außer dem Rauschen des Untergrundes **keine Infraschallfrequenzen** von neuen, großen Windrädern **vorkommen**.

1. Im Bereich **1 – 8 Hz**, in dem die meisten **Infraschallfrequenzen** von großen Windrädern vorkommen, kann hingegen nur „nicht normativ“, also bei **Verdacht gemessen** werden. Dieser Bereich umfasst aber **praktisch fast alle Infraschallfrequenzen von großen Windrädern**.

1. Im Bereich **< 1 Hz** wird gar **nicht gemessen**, obwohl dort die Infraschallgrundfrequenz und mehrere Oberwellen vorkommen können. **Bei den neuesten Windrädern** beträgt die **Grundfrequenz ca. 0,3 Hz**. Die erste und zweite Oberwelle liegt sodann mit 0,6, respektive 0,9 Hz ebenfalls **im nicht erfassten Bereich**.

* Anm.: bzgl. Terzmittenfrequenz



Exemplarisches Klangspektrum einer Windkraftanlage: Die Frequenz der Windkraftanlage liegt hier bei etwa 0,7 Hz (erste blaue Spitze) mit deutlich erkennbaren Oberwellen. Messung durchgeführt an einem Wohnhaus in etwa einem Kilometer Entfernung. Foto: Dr. Kühner GmbH im Auftrag des Umweltbundesamts (UBA)

Infraschall aus Sicht eines Physikers: Die unhörbare Gefahr?

<https://www.epochtimes.de/wissen/technik/infraschall-aus-sicht-eines-physikers-die-unhoerbare-gefahr-a4999657.html?welcomeuser=1>

Infraschall – die Frequenz des Herzschlages

Der Herzschlag

Die Ruhefrequenz des **menschlichen Herzschlags** liegt bei **35 bis 45 Schlägen pro Minute**, das **Maximum bei etwa 140**. Diese Frequenzen von **0,5 bis 2,3 Hz** liegen allesamt **im Bereich des Infraschalls großer Windräder**. Damit ist allein schon das Herz als wichtiges Organ unmittelbar der **Resonanz** von Infraschall ausgesetzt. Welche Organe oder Zellen auf welche Infraschallfrequenzen reagieren, wäre dringend zu erforschen.

Nervöse Ziegen

Wie Infraschall auf Tiere wirkt, zeigen Ziegen, die seit Menschengedenken bereits lange vor drohenden Vulkanausbrüchen reagieren. Deshalb arbeiten Wissenschaftler an einem **biologischen Ziegenfrühwarnsystem für Vulkanausbrüche**. Eine ihrer Beobachtungen dabei ist: „Die Ziegen waren vor [...] Ausbrüchen schon nervös, lange bevor die Instrumente der Vulkanforscher anschlugen.“ Dies widerlegt die oft geäußerte These, wenn ein Detektor gemäß einer DIN-Norm nichts feststellt, müsse es gefahrlos sein.

Infraschall aus Sicht eines Physikers: Die unhörbare Gefahr?

<https://www.epochtimes.de/wissen/technik/infraschall-aus-sicht-eines-physikers-die-unhoerbare-gefahr-a4999657.html>

Infraschall - Ärzteblatt

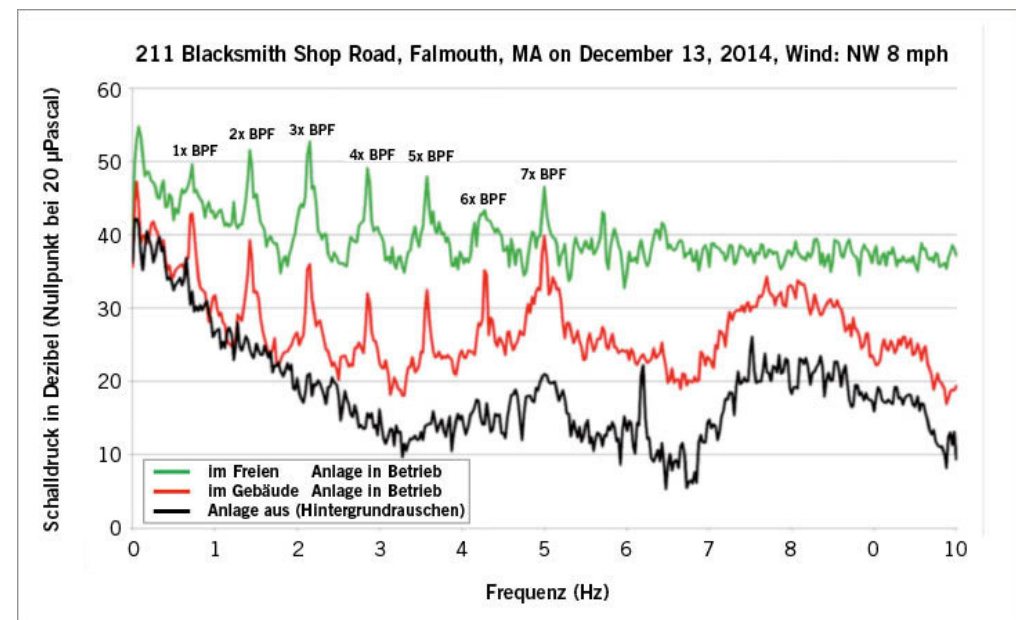
Windenergieanlagen und Infraschall: Der Schall, den man nicht hört

<https://www.aerzteblatt.de/archiv/205246/Windenergieanlagen-und-Infraschall-Der-Schall-den-man-nicht-hoert>

Zeitschrift für medizinische Prävention

Infraschall aus technischen Anlagen

Schlussfolgerungen: Die heute verfügbaren Erkenntnisse begründen ein wesentliches Gesundheitsrisiko für Infraschall-exponierte Personen. **Staatlich veranlasste Studien an Windenergieanlagen lassen die steilen Druckimpulse** der realen Emissionen bisher **außer Acht**. Erforderlich sind ausreichende Sicherheitsabstände und weitere Forschung zur Etablierung von Dosis(Energie)-Wirkungs-Kurven *für die Leitsymptome.




Infraschall aus technischen Anlagen – Wissenschaftliche Grundlagen für eine Bewertung gesundheitlicher Risiken

<https://www.asu-arbeitsmedizin.com/wissenschaft/wissenschaftliche-grundlagen-fuer-eine-bewertung-gesundheitlicher-risiken-infraschall>

Infraschall Symptome – wie bei der Seekrankheit



INFRA SOUND & MOTION SICKNESS
Presented by: Kevin A. Dooley



SOPITE SYNDROME

KEVINDOOLEYINC.COM

Vomiting

Sleep disturbances
Dizziness & Nausea
Mood changes
Drowsiness
Apathy
Yawning
Disinclination for work

Seekrankheit

Schwindel & Übelkeit
Stimmungswechsel
Schläfrigkeit
Apathie
Gähnen
Abneigung für Arbeit

<https://www.youtube.com/watch?v=jAB4bZLzP8I>

INFRASCHALL DIE UNHÖRBARE GEFAHR

Diskussion

©Dipl.-Physiker Dieter Böhme

Kontakt: Kd.boehme@gmx.de