

## Wahrnehmung von Infraschall

Im Bereich des tieffrequenten Schalls unterhalb 100 Hz gibt es einen fließenden Übergang vom Hören, also von den Sinneseindrücken Lautstärke und Tonhöhe, hin zum Fühlen. Hier ändert sich die Qualität und Art der Wahrnehmung. Die Tonhöhenempfindung nimmt ab und entfällt beim Infraschall ganz. Generell gilt: Je niedriger die Frequenz, desto höher muss die Schallintensität sein, damit das Geräusch überhaupt gehört wird. Tieffrequente Einwirkungen hoher Intensität, wie z. B. das oben dargestellte Pkw-Innengeräusch, werden häufig als Ohrendruck und Vibrationen wahrgenommen. Bei dauerhafter Einwirkung solch hoher Schallpegel können Dröhn-, Schwingungs- oder Druckgefühle im Kopf entstehen.

Neben dem Hörsinn sind auch andere Sinnesorgane für tieffrequenten Schall empfindlich. So vermitteln etwa die Sinneszellen der Haut Druck- und Vibrationsreize. Infraschall kann auch auf die im Körper vorhandenen Hohlräume wie Lunge, Nasennebenhöhlen und Mittelohr wirken. Infraschall sehr hoher Intensität hat eine maskierende Wirkung für den mittleren und unteren Hörbereich. Das bedeutet: Bei sehr starkem Infraschall ist das Gehör nicht in der Lage, gleichzeitig leise Töne in diesem höher gelegenen Frequenzbereich wahrzunehmen.

## Gesundheitliche Effekte

Laboruntersuchungen über Einwirkungen durch Infraschall weisen nach, dass hohe Intensitäten oberhalb der Wahrnehmungsschwelle ermüdend und konzentrationsmindernd wirken und die

Leistungsfähigkeit beeinflussen können. Die am besten nachgewiesene Reaktion des Körpers ist zunehmende Müdigkeit nach mehrstündiger Exposition. Auch das Gleichgewichtssystem kann beeinträchtigt werden. Manche Versuchspersonen verspürten Unsicherheits- und Angstgefühle, bei anderen war die Atemfrequenz herabgesetzt. Weiterhin tritt, wie auch beim Hörschall, bei sehr hoher Schallintensität vorübergehend Schwerhörigkeit auf – ein Effekt, wie er z. B. von Diskothekenbesuchen bekannt ist. Bei langfristiger Einwirkung von starkem Infraschall können auch dauerhafte Hörschäden auftreten.

Die im Umfeld von Windenergieanlagen auftretenden Pegel tieffrequenten Schalls sind von solchen Wirkungseffekten aber weit entfernt. Da die Wahrnehmungsschwelle deutlich unterschritten wird, sind Belästigungseffekte durch Infraschall nicht zu erwarten. Für sonstige Effekte, über die gelegentlich berichtet wird, gibt es bislang keine abgesicherten wissenschaftlichen Belege.

## Fazit

Der von Windenergieanlagen erzeugte Infraschall liegt in deren Umgebung deutlich unterhalb der Wahrnehmungsgrenzen des Menschen. Nach heutigem Stand der Wissenschaft sind schädliche Wirkungen durch Infraschall bei Windenergieanlagen nicht zu erwarten. Verglichen mit Verkehrsmitteln wie Autos oder Flugzeugen ist der von Windenergieanlagen erzeugte Infraschall gering. Betrachtet man den gesamten Frequenzbereich, so heben sich die Geräusche einer Windenergieanlage schon in wenigen hundert Metern Entfernung meist kaum mehr von den natürlichen Geräuschen durch Wind und Vegetation ab.

Auf ein vertragliches Nebeneinander von Windenergieanlagen und Wohngebäuden muss geachtet werden. Der Windenergieerlass des Landes von 2009 empfiehlt der Regionalplanung einen Abstand von 1.000 m zu vorhandenen oder geplanten Wohngebieten. Abweichend davon können sich in der Einzelfallbetrachtung deutlich höhere, aber auch niedrigere Abstände ergeben.



## Materialien und Quellen

- „Infraschall und tieffrequenter Schall – ein Thema für den umweltbezogenen Gesundheitsschutz in Deutschland“, Robert Koch-Institut (2007), [www.rki.de](http://www.rki.de), Suche „Infraschall“
- „Wissenswertes über tieffrequenten Schall“, Umweltbundesamt, [www.uba.de](http://www.uba.de), Suche „Infraschall“
- „Windkraftanlagen – beeinträchtigt Infraschall die Gesundheit?“, Bayerisches Landesamt für Umwelt (2012) [www.lfu.bayern.de](http://www.lfu.bayern.de), Umweltwissen Lärm

- „Umwelt- und naturverträgliche Nutzung der Windenergie an Land“, Deutscher Naturschutzring (2011), [www.wind-ist-kraft.de](http://www.wind-ist-kraft.de), Downloads
- „Umwelt- und naturverträgliche Windenergienutzung in Deutschland (onshore)“, Grundlagenanalyse, Deutscher Naturschutzring (2012), [www.wind-ist-kraft.de](http://www.wind-ist-kraft.de), Downloads
- „Nichtionisierende Strahlung – Infraschall“, Fachverband für Strahlenschutz (2005), [www.fs-ev.de](http://www.fs-ev.de) Arbeitskreise → Nichtionisierende Strahlung Leitfäden „Nichtionisierende Strahlung“
- Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm (TA Lärm), Sechste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz, 26. August 1998 (GMBI Nr. 26/1998 S. 503)
- DIN 45 680 „Messung und Beurteilung tieffrequenter Geräuschimmissionen“, Ausgabe 03/1997, Beuth Verlag
- Windkrafterlass des Ministeriums für Infrastruktur und Raumordnung und des Ministeriums für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Verbraucherschutz vom 16. Juni 2009
- Rundschreiben zur Sicherung von Zielen der Raumordnung 2010 des Ministeriums für Infrastruktur und Landwirtschaft und des Ministeriums für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz vom 23. April 2010
- siehe: <http://gl.berlin-brandenburg.de/regionalplanung/windenergie/index.html>

## Bildnachweis

- Carsten Linke (Seite 1)
- Alábiso Foto / LUBW (Seiten 2, 8)
- Borb/wikipedia, Bearbeitung LUBW (Seite 3)
- LUBW Baden-Württemberg (Seiten 5/6)

## Herausgeber

Ministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz des Landes Brandenburg

## Redaktion

LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg  
[www.lubw.baden-wuerttemberg.de](http://www.lubw.baden-wuerttemberg.de)  
[windenergie@lubw.bwl.de](mailto:windenergie@lubw.bwl.de)

Landesamt für Umwelt Gesundheit und Verbraucherschutz

Referat Umweltinformation, Öffentlichkeitsarbeit  
[www.lugv.brandenburg.de](http://www.lugv.brandenburg.de)  
[info@lugv.brandenburg.de](mailto:info@lugv.brandenburg.de)

## Layout und Druck:

LGB (Landesvermessung und Geobasisinformation Brandenburg)



Stand: Juli 2013



## Windenergie und Infraschall

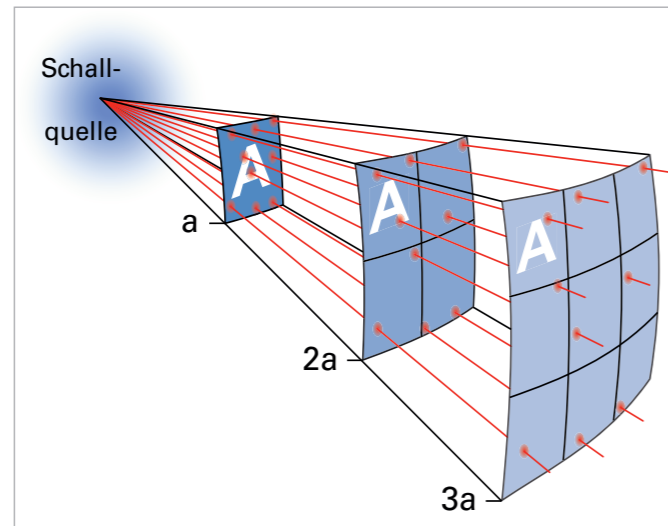
Tieffrequente Geräusche durch Windenergieanlagen

Landesamt für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz



### Was ist Infraschall?

Schall besteht, einfach gesagt, aus Druckwellen. Bei einer Ausbreitung dieser Druckschwankungen in der Luft spricht man von Luftschall. Der Hörsinn des Menschen ist in der Lage, Schall zu erfassen, dessen Frequenz zwischen rund 20 Hertz (Hz) und 20.000 Hz liegt. „Hertz“ ist die Einheit der Frequenz, die Zahl steht für die Schwingungen pro Sekunde. Niedrige Frequenzen entsprechen den tiefen, große den hohen Tönen. Schall unterhalb des Hörbereichs, also mit Frequenzen von weniger als 20 Hz, nennt man Infraschall. Geräusche oberhalb des Hörbereichs, also mit Frequenzen über 20.000 Hz, sind als Ultraschall bekannt. Als tieffrequent bezeichnet man Geräusche, wenn ihre



Ausbreitung des Schalls von einer punktförmigen Quelle. Die Stärke des Geräusches nimmt nach rein geometrischen Gesetzmäßigkeiten ab. Bei doppelter Entfernung verteilt sich die Schallenergie auf die vierfache Fläche, bei der dreifachen Entfernung bereits auf die neunfache (siehe das gekennzeichnete Feld „A“ und die Abstandsmarkierungen). Im umgekehrten Verhältnis nimmt die Schallintensität nach außen hin ab.

### Worum geht es?

Im Jahr 2012 wurden mit 3.135 heimischen Windenergieanlagen etwa 50 Prozent des Brandenburger Strombedarfs erzeugt und somit der Ausstoß von 8 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub> vermieden. Bis 2030 soll die Leistung der Windkraft entsprechend der Energiestrategie des Landes von 4.814 Megawatt (Stand 2012) auf 10.500 Megawatt anwachsen. Dazu sind nach heutigen Prognosen insgesamt „nur“ ca. 3.500 Anlagen notwendig. Neben dem Bau neuer Anlagen wird dabei vor allem auf das Ersetzen kleinerer Anlagen durch leistungsstärkere gesetzt (Repowering).

Welche Auswirkungen die Windkraftanlagen auf Mensch und Umwelt haben, ist dabei ein wichtiger Aspekt. Ein Thema, das besonders Anlieger beschäftigt, sind die von Windenergieanlagen verursachten Geräusche. Neben dem Hörschall geht es dabei vor allem um den Infraschall.

Denn außer dem Hörschall erzeugen Windenergieanlagen durch die Umströmung der rotierenden Flügel auch tieffrequente Geräusche bzw. Infraschall, also extrem tiefe Töne. Für diese Geräuschanteile ist das Gehör sehr unempfindlich. Dennoch werden im Rahmen des Windenergieausbaus immer wieder Befürchtungen geäußert, dass dieser Infraschall Menschen beeinträchtigen oder ihre Gesundheit gefährden könne. Dieses Falblatt will zur Versachlichung der Diskussion beitragen.

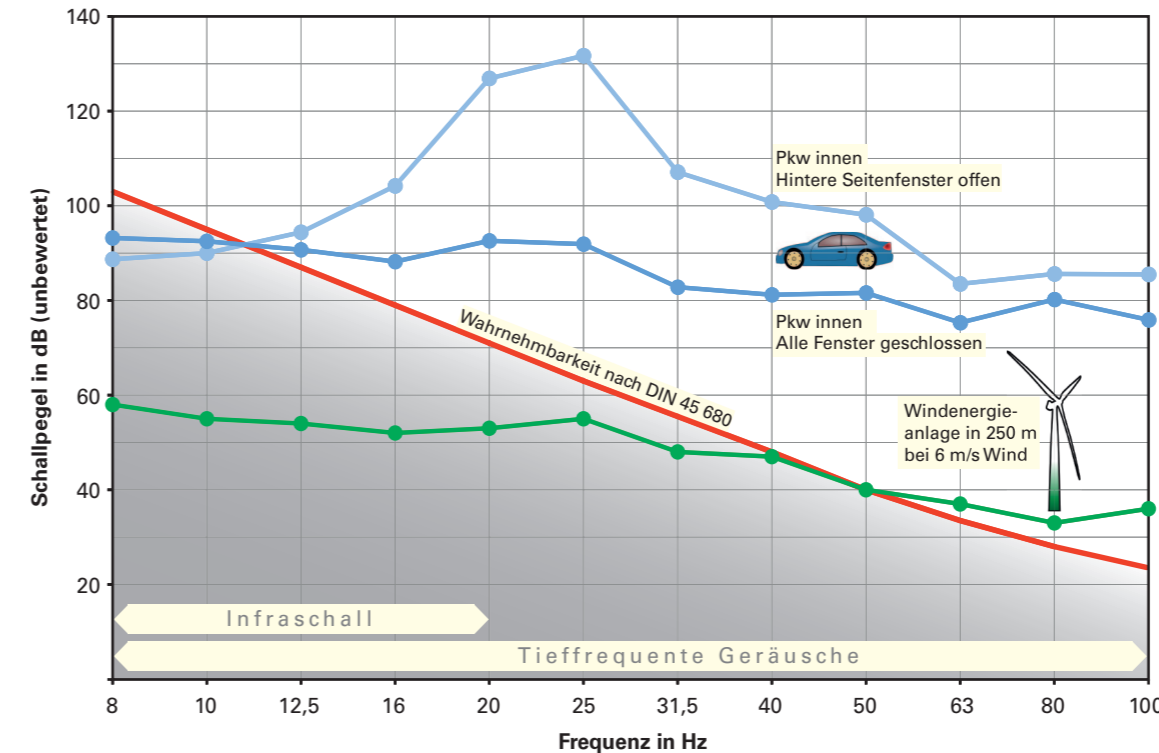
vorherrschenden Anteile im Frequenzbereich unter 100 Hz liegen. Infraschall ist also ein Teil des tieffrequenten Schalls.

Die periodischen Druckschwankungen der Luft breiten sich mit der Schallgeschwindigkeit von rund 340 m/s aus. Schwingungen niedriger Frequenz haben große, hochfrequente Schwingungen haben kleine Wellenlängen. Beispielsweise beträgt die Wellenlänge eines 20-Hz-Tones in Luft etwa 17 m, während einer Frequenz von 20.000 Hz die Wellenlänge 1,7 cm entspricht.

### Wie breitet sich Infraschall aus?

Die Ausbreitung von Infraschall erfolgt nach denselben physikalischen Gesetzen wie bei jeder Art von Luftschall. Eine einzelne Schallquelle wie z. B. der Generator einer Windenergieanlage strahlt Wellen ab, die sich in alle Richtungen kugelförmig ausbreiten. Da sich die Schallenergie dabei auf immer größer werdende Flächen verteilt, nimmt die Schallintensität pro Quadratmeter im umgekehrten Verhältnis ab: Mit zunehmendem Abstand wird es rasch leiser (siehe Grafik).

Daneben gibt es den Effekt der Absorption des Schalls durch die Luft. Ein kleiner Teil der Schallenergie wird bei der Wellenausbreitung in Wärme umgewandelt, wodurch eine zusätzliche Dämpfung erfolgt. Diese Luftabsorption ist von der Frequenz abhängig: Tieffrequenter Schall wird wenig, hochfrequenter Schall stärker gedämpft. Im Vergleich überwiegt die Abnahme des Schallpegels mit der Entfernung gegenüber der Luftabsorption deutlich. Eine Besonderheit besteht in der vergleichsweise geringen Dämpfung tieffrequenter Schallwellen durch



Infraschall ist allgegenwärtig. Das Bild links zeigt die spektrale Verteilung des Schalls zwischen 8 und 100 Hz für zwei Situationen im Inneren eines schnell fahrenden Pkw: Oben bei geöffneten hinteren Seitenfenstern (hellblau), darunter bei geschlossenen Fenstern (dunkelblau). Die grüne Kurve zeigt die Einwirkungen durch eine Windenergieanlage der Leistungsklasse 1 Megawatt. Die Messung erfolgte im Außenbereich in 250 m Abstand, der Wind wehte mit 6 m/s. Die rote Linie markiert die Wahrnehmbarkeit nach DIN 45 680. Der Infraschall der untersuchten Anlage liegt am Messort damit unterhalb der Wahrnehmungsschwelle (Quelle der Daten: LUBW, LfU Bayern).

Wände oder Fenster, so dass Einwirkungen auch im Innern von Gebäuden auftreten.

### Wo kommt Infraschall vor?

Infraschall ist ein alltäglicher Bestandteil unserer Umwelt. Er wird von einer großen Zahl unterschiedlicher Quellen erzeugt. Dazu gehören natürliche Quellen wie Wind, Wasserfälle oder Meeresbrandung ebenso wie technische, beispielsweise Heizungs- und Klimaanlage, Straßen- und Schienenverkehr, Flugzeuge oder Lautsprechersysteme in Diskotheken.

### Geräusche von Windenergieanlagen

Moderne Windenergieanlagen erzeugen in Abhängigkeit von der Windstärke Geräusche im gesam-

ten Frequenzbereich, also auch tieffrequenten Schall und Infraschall. Dafür verantwortlich sind besonders die am Ende der Rotorblätter entstehenden Wirbelablösungen sowie weitere Verwirbelungen an Kanten, Spalten und Verstreibungen. Die von der Luft umströmten Rotorblätter verursachen ähnliche Geräusche wie die Flügel eines Segelflugzeugs. Die Schallabstrahlung steigt mit zunehmender Windgeschwindigkeit an, bis die Anlage ihre Nennleistung erreicht hat. Danach bleibt sie konstant. Die spezifischen Infraschallemissionen sind vergleichbar mit denen vieler anderer technischer Anlagen.

Untersuchungen haben ergeben, dass die Infraschallanteile in der Umgebung von

Windenergieanlagen unterhalb der Wahrnehmungsschwelle des Menschen liegen. Wie die grüne Kurve in obiger Grafik zeigt, wurden in 250 m Entfernung Werte weit unterhalb der Wahrnehmungsschwelle gemessen. Dabei herrschten hohe Windgeschwindigkeiten, durch die auch natürlicher Infraschall hoher Intensität erzeugt wird. Zum Vergleich: Innerhalb eines Bürogebäudes liegt der Infraschall nach Messungen der Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg auf ähnlichem Niveau wie die grüne Kurve; bei diesen Messungen wehte der Wind gleichfalls mit rund 6 m/s. – Viele Alltagsgeräusche enthalten deutlich mehr Infraschall. Die Grafik zeigt als Beispiel das Innengeräusch eines Pkw. Bei Tempo 130 wird der Infraschall sogar hörbar. Mit geöffneten Seitenfenstern empfindet man das Geräusch als unangenehm. Seine Schallintensität ist dann mehr als 70 Dezibel – also über 10 000 000-fach – stärker als in der Umgebung einer Windenergieanlage bei kräftigem Wind.

### Bewertung tieffrequenter Geräusche

Die Messung und Beurteilung tieffrequenter Geräusche sind in der Technischen Anleitung zum Schutz gegen Lärm (TALärm, siehe dort das Kapitel 7.3 und den Anhang A.1.5) sowie in der Norm DIN 45 680 geregelt. Auf Grundlage dieser Vorschriften lassen sich die Geräuscheinwirkungen sicher ermitteln. Dabei wird der Frequenzbereich von 8 Hz bis 100 Hz berücksichtigt. Maßgeblich für mögliche Belästigungen ist die Wahrnehmungsschwelle des Menschen, die in der Norm dargestellt ist. An Immissionsorten wird diese Schwelle durch Windenergieanlagen nicht erreicht.