



# Windenergie und Infraschall

Tieffrequente Geräusche durch Windenergieanlagen

Herausgeber:

LUBW  
Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg  
Postfach 10 01 63 · 76231 Karlsruhe  
windenergie@lubw.bwl.de  
www.lubw.de

Ministerium für Soziales, Gesundheit und Integration  
Abt. 7 Landesgesundheitsamt Baden-Württemberg  
Nordbahnhofstr. 135 · 70191 Stuttgart  
www.gesundheitsamt-bw.de

im Bereich des Infraschalls durch Windkraftanlagen bei Weitem nicht erreicht.

## 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 ändern sich 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 Windkraftanlagen auftretenden Pegel tieffrequenten Schalls sind von solchen Wirkungseffekten aber weit entfernt. Da die Hörschwelle 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. Nach Auffassung des Umweltbundesamtes und der Länderarbeitsgruppe Umweltbezogener Gesundheitsschutz (LAUG) sind nach derzeitigem Stand des Wissens keine gesundheitlichen Beeinträchtigungen durch Infraschall von Windkraftanlagen zu erwarten.



## FAZIT

Infraschall und tieffrequente Geräusche sind alltäglicher Bestandteil unserer technischen und natürlichen Umwelt. Verglichen mit anderen technischen und natürlichen Quellen ist der von Windkraftanlagen hervorgerufene Infraschall gering. Bereits in 150 m Abstand liegt er deutlich unterhalb der Wahrnehmungsgrenzen des Menschen, in üblichen Abständen der Wohnbebauung entsprechend noch weiter darunter. Gesundheitliche Wirkungen von Infraschall unterhalb der Wahrnehmungsgrenzen sind wissenschaftlich nicht nachgewiesen. Gemeinsam mit den Gesundheitsbehörden kommen wir in Baden-Württemberg zu dem Schluss, dass nachteilige Auswirkungen durch Infraschall von Windkraftanlagen nach den vorliegenden Erkenntnissen nicht zu erwarten sind.

## MATERIALIEN UND QUELLEN

- LUBW: Internetseiten zum Thema Windenergie, [www.lubw.de/erneuerbare-energien/windenergie](http://www.lubw.de/erneuerbare-energien/windenergie)
- LUBW: Tieffrequente Geräusche inkl. Infraschall von Windkraftanlagen und anderen Quellen (2016), Bericht zum Messprojekt, [pd.lubw.de/84558](http://pd.lubw.de/84558)
- LUBW: Fragen und Antworten zu Windenergie und Schall – Behauptungen und Fakten, [www.lubw.de/erneuerbare-energien/windenergie-und-schall](http://www.lubw.de/erneuerbare-energien/windenergie-und-schall)
- LUBW: Windenergieanlagen in Baden-Württemberg, [www.lubw.de/erneuerbare-energien/karten](http://www.lubw.de/erneuerbare-energien/karten)
- LEA Hessen: Faktenpapier Windenergie und Infraschall (Mai 2015), Fakten-Update Windenergie und Infraschall (Oktober 2021) <https://www.lea-hessen.de/mediathek/publikationen> (Thema Windenergie)
- Bayerisches Landesamt für Umwelt: Windenergieanlagen, Infraschall und Gesundheit (2023) [https://www.bestellen.bayern.de/shoplink/lfu\\_klima\\_00077.htm](https://www.bestellen.bayern.de/shoplink/lfu_klima_00077.htm)
- Robert Koch-Institut: Gesundheitliche Bewertung von Maßnahmen und Energieträgern im Rahmen der Energiewende aus umweltmedizinischer Sicht (2016), [www.rki.de](http://www.rki.de), Suche „Infraschall“
- Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm (TA Lärm), Sechste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz, Fassung der Bekanntmachung vom 14. Mai 1990 (Bundesgesetzblatt I S. 880)
- DIN 45680: Messung und Beurteilung tieffrequenter Geräuschimmissionen, Ausgabe 03/1997, Beuth Verlag
- Møller H. & Pedersen C. S. (2004): Hearing at low and infrasonic frequencies, Noise & Health, Vol. 6, Issue 23, S. 37-57

## BILDNACHWEIS

- Aläbiso Foto / LUBW (Seite 1)
- bilderstoeckchen/stock.adobe.com (Seite 2)
- Borb/wikipedia, Bearbeitung LUBW (Seite 3)
- LUBW (Seiten 5/6)
- Anselm/stock.adobe.com (Seite 8)

Stand: Februar 2024 (11. aktualisierte Auflage)



### WORUM GEHT ES?

Infolge der Energiewende kommt den Erneuerbaren Energien in Baden-Württemberg große Bedeutung zu. Die Windenergie leistet hierbei einen wichtigen Beitrag. 2022 wurden über fünf Prozent des Stroms im Land durch mehr als 760 heimische Windenergieanlagen erzeugt. An guten Standorten in Baden-Württemberg kann eine markttypische Anlage mit fünf Megawatt Nennleistung rechnerisch etwa 3 000 Haushalte mit Strom versorgen.

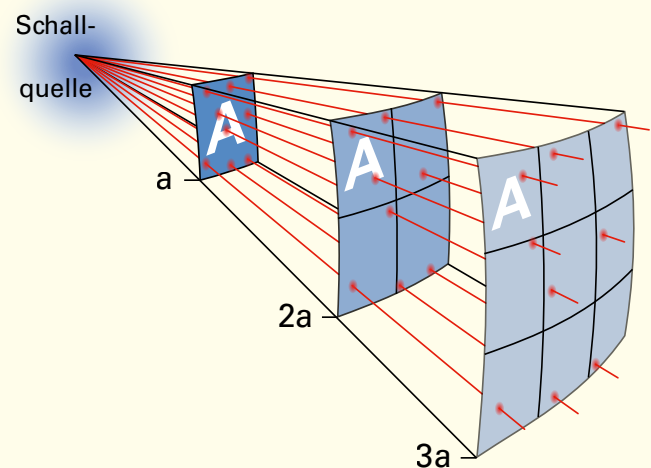
Beim Ausbau der Windenergie werden die Auswirkungen auf Mensch und Umwelt berücksichtigt. Einen wesentlichen Aspekt bilden die von den Anlagen verursachten Geräusche. Um Belästigungen so gering wie möglich zu halten, wird bei der Planung und Genehmigung auf ausreichende Abstände zur Wohnbebauung und die Einhaltung der am Wohnort geltenden Lärmrichtwerte geachtet.

Neben dem Hörschall erzeugen Windkraftanlagen 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.

### 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 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 Metern pro Sekunde aus. Schwingungen niedriger Frequenz haben große, hochfrequente Schwingungen haben kleine Wellenlängen. Beispielsweise beträgt die Wellenlänge eines 20-Hz-Tones in Luft etwa 17,5 m, während einer Frequenz von 20 000 Hz die Wellenlänge 1,75 cm entspricht.



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.

### WIE BREITET SICH INFRASCHALL AUS?

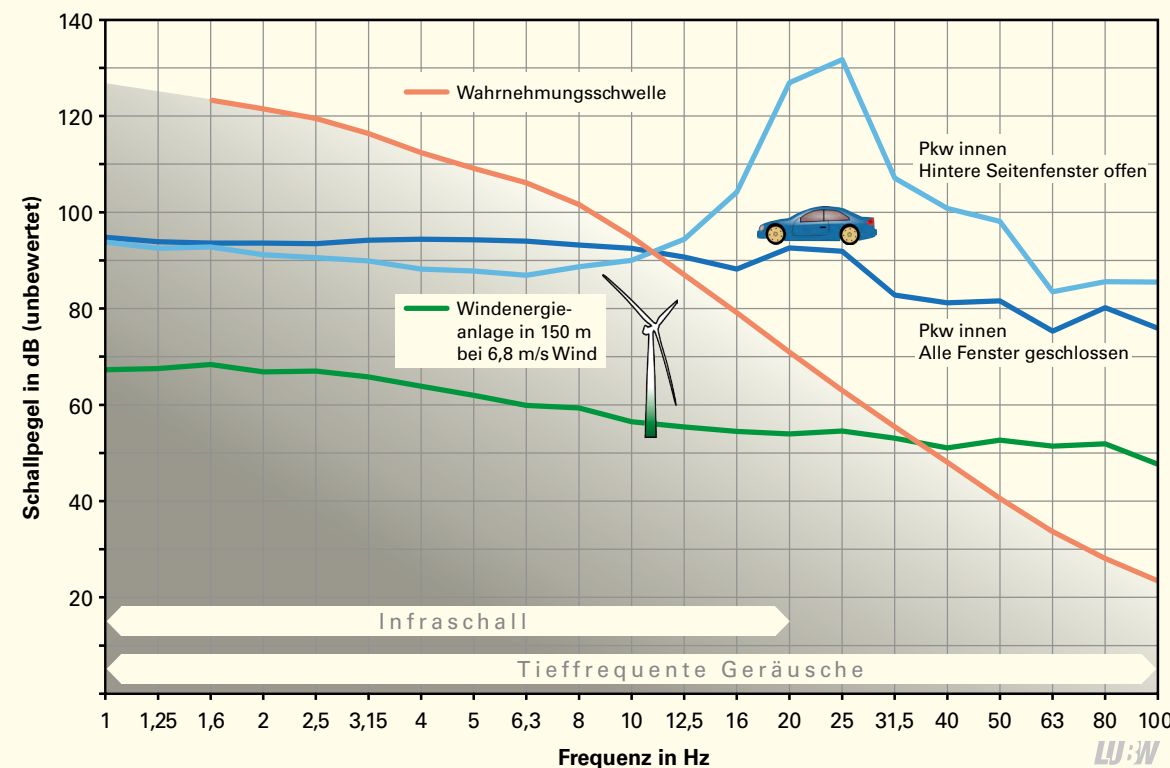
Die Ausbreitung von Infraschall erfolgt nach denselben physikalischen Gesetzen wie bei jeder Art von Luftschall. Eine einzelne Schallquelle wie z. B. der Generator einer Windkraftanlage strahlt Wellen ab, die sich in alle Richtungen kugelförmig ausbreiten. Da sich die Schallenergie dabei auf immer größer 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 Dämmung tieffrequenter Schallwellen durch Wände oder Fenster, so dass Einwirkungen auch im Innern von Gebäuden auftreten können.

### 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 WINDKRAFTANLAGEN

Moderne Windkraftanlagen erzeugen in Abhängigkeit von der Windstärke Geräusche im gesamten Frequenzbereich, also auch tieffrequenten Schall und Infraschall. Dafür verantwortlich sind besonders die am Ende der Rotorblätter entstehenden Wirbelablösungen sowie Verwirbelungen an Kanten, Spalten und Verstrebungen. Die von der Luft umströmten Rotorblätter verursachen ähnliche Geräusche wie die Flügel eines Segelflugeugs. Die Schallabstrahlung steigt mit zunehmender Windgeschwindigkeit an; oberhalb der Nennleistung bleibt sie konstant. Die Infraschallemissionen von Windkraftanlagen sind vergleichbar mit denen vieler anderer technischer Anlagen.



Infraschall ist allgegenwärtig. Das Bild zeigt die spektrale Verteilung des Schalls zwischen 1 Hz und 100 Hz für verschiedene Situationen. Oben: Im Inneren eines schnell fahrenden Pkw bei geöffneten hinteren Seitenfenstern (hellblau); darunter bei geschlossenen Fenstern (dunkelblau). Die grüne Linie zeigt die Einwirkungen einer Windkraftanlage der Leistungsklasse 2 MW in 150 m Abstand bei einer Windgeschwindigkeit von 6,8 m/s. Die orangefarbene Linie markiert die Wahrnehmungsschwelle. Der Infraschall der Anlage liegt am Messort weit unterhalb dieser Schwelle. Datenquelle: LUBW

Untersuchungen der LUBW aus den Jahren 2013-2015 haben ergeben, dass die Infraschallanteile in der Umgebung von Windkraftanlagen unterhalb der Wahrnehmungsschwelle des Menschen liegen. Wie die dunkelgrüne Kurve in obiger Grafik zeigt, wurden in 150 m Entfernung Werte weit unterhalb der Wahrnehmungsschwelle gemessen. Dabei herrschten hohe Windgeschwindigkeiten, durch die auch natürlicher Infraschall erzeugt wird. In 700 m Abstand erhöht sich der Infraschallpegel beim Einschalten nicht mehr nennenswert oder nur geringfügig. Erste Ergebnisse von noch laufenden Infraschallmessungen an modernen Anlagentypen (4-6 MW) lassen auf eine Vergleichbarkeit mit den bisherigen Ergebnissen schließen. 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 etwa 70 Dezibel – also über 10 000 000-fach – stärker als in der Umgebung einer

Windkraftanlage bei kräftigem Wind. Zahlreiche Messungen an Windkraftanlagen und anderen Quellen sind in der LUBW-Veröffentlichung „Tieffrequente Geräusche inkl. Infraschall von Windkraftanlagen und anderen Quellen“ aufgeführt.

### BEWERTUNG TIEFFREQUENTER GERÄUSCHE

Die Messung und Beurteilung tieffrequenter Geräusche sind in der Technischen Anleitung zum Schutz gegen Lärm (TA Lärm, Kapitel 7.3 und Anhang A.1.5) sowie in der DIN-Norm 45680 geregelt. Auf dieser Grundlage lassen sich die Geräuscheinwirkungen ermitteln. Dabei wird der Frequenzbereich von 8 Hz bis 100 Hz berücksichtigt. Maßgeblich für mögliche Belästigungen ist die in der Norm dargestellte Wahrnehmungsschwelle des Menschen. Darüber hinaus wurden bei den Messungen der LUBW auch Frequenzen unterhalb 8 Hz berücksichtigt. Bis herab zu 1,6 Hz liegen Schwellenpegel nach Møller und Pedersen vor. An Immissionsorten wird die Wahrnehmungsschwelle