

UmweltWissen – Klima und Energie

Windenergieanlagen – beeinträchtigt Infraschall die Gesundheit?



Windenergieanlagen brauchen wenig Platz, sind rasch aufgebaut und liefern kostengünstig erneuerbare Energie. Doch wie steht es um die Nebenwirkungen?

Mit Wind ist es möglich, regenerative Energie effizient zu gewinnen. Wie bei jeder neuen Technologie müssen dabei rechtzeitig die Auswirkungen für Mensch und Umwelt betrachtet werden. Dass Windenergieanlagen Geräusche erzeugen, ist bekannt und wird heute bei der Suche nach passenden Standorten berücksichtigt. Gleichzeitig werden jedoch immer wieder Befürchtungen geäußert, dass die Anlagen neben hörbarem Schall auch Infraschall erzeugen, der Menschen beeinträchtigt oder ihre Gesundheit gefährdet. Doch was ist Infraschall? Wie entsteht er? Gefährdet er die Gesundheit wirklich? Es gibt schließlich auch Infraschall aus natürlichen Quellen, wie Donner oder Meeresbrandung.

Bei Infraschall handelt es sich um Töne, die so tief sind, dass Menschen sie normalerweise nicht wahrnehmen. Nur wenn der Pegel (also quasi die Lautstärke) sehr hoch ist, können wir Infraschall hören oder spüren.

Wissenschaftliche Studien legen nahe, dass Infraschall nur dann Folgen haben kann, wenn Menschen ihn wahrnehmen können. Die von Windenergieanlagen erzeugten Infraschallpegel liegen in üblichen Abständen zur Wohnbebauung jedoch deutlich unterhalb der Hör- und Wahrnehmungsgrenzen. Daher haben nach heutigem Stand der Wissenschaft Windenergieanlagen keine schädlichen Auswirkungen für das Wohlbefinden und die Gesundheit des Menschen.

1 Was ist Infraschall?

Schall breitet sich in Luft mit einer Geschwindigkeit von rund 343 Metern pro Sekunde aus, das entspricht 1.235 Kilometer pro Stunde. Dies bezeichnet man auch als Schallgeschwindigkeit. Dabei breiten sich Luftdruckschwankungen als Schallwellen aus.

Ob ein Ton eher hoch oder tief klingt, hängt von seiner Frequenz ab, diese wird in der Einheit Hertz (Hz) angegeben: Ein Hertz entspricht einer Schwingung pro Sekunde. Tiefe Töne haben eine niedrige Frequenz, also kleine Zahlenwerte, und hohe Töne eine hohe Frequenz:

- Schallwellen mit Frequenzen zwischen 20 und 20.000 Hertz werden als **Hörschall** bezeichnet. In diesem Bereich kann der Mensch Tonhöhen und Lautstärken unterscheiden. Tiefe Töne von 20 bis 60 Hertz können wir zwar hören, ihre Tonhöhe jedoch nur schwer erkennen. Viel feiner ist das Gehör zwischen 60 und 20.000 Hertz – in diesem Frequenzbereich liegt die gewohnte Sprache und Musik. Am empfindlichsten ist das menschliche Ohr für mittlere Frequenzen von 500 bis 5.000 Hertz.
- Schallwellen mit Frequenzen oberhalb des menschlichen Hörbereiches werden als **Ultraschall** bezeichnet. Fledermäuse orientieren sich beispielsweise mit Ultraschallrufen, um sich ein Hörbild ihrer Umgebung zu schaffen. In der Medizin wird Ultraschall verwendet, um sich ein Bild vom Körperinneren des Menschen zu machen, beispielsweise bei Schwangeren oder nach Unfällen.
- Als **Infraschall** wird der Luftschall unterhalb der Frequenz von 20 Hertz definiert¹. In diesem Bereich kann der Mensch keine Tonhöhen mehr wahrnehmen. Elefanten und Blauwale hingegen kommunizieren untereinander per Infraschall über große Entfernungen.
- **Tieffrequenter Schall** ist der Bereich unterhalb der Frequenz von 100 Hertz, er umfasst den Infraschall und die für Menschen gerade noch hörbaren tiefen Töne.

Schallwellen sind periodische Luftdruckschwankungen und breiten sich in der Luft als Schwingung aus. Schwingungen mit niedriger Frequenz haben eine deutlich größere Wellenlänge als Hörschall mit seiner hohen Frequenz: bei 20.000 Hertz beträgt die Wellenlänge rund 1,7 Zentimeter, bei 20 Hertz etwa 17 Meter. Bei zehn Hertz beträgt die Wellenlänge rund 34 Meter, bei einem Hertz etwa 340 Meter.

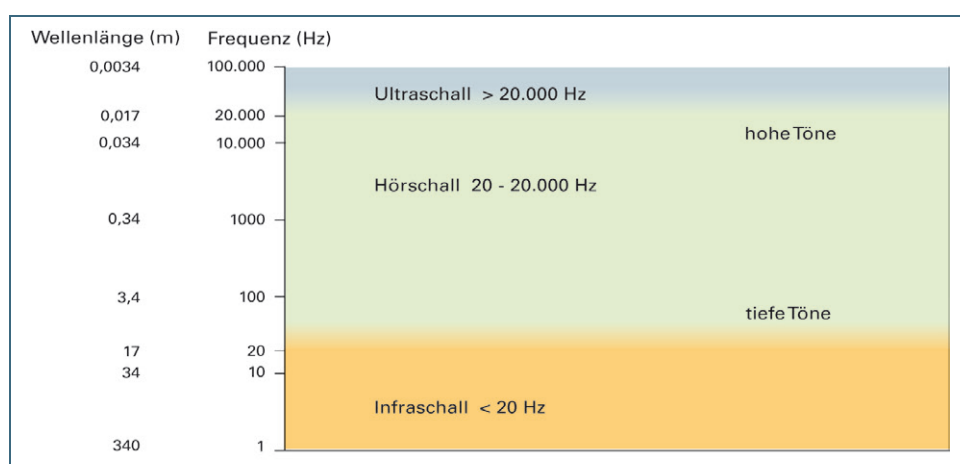


Abb. 1:
Wie gut ein Mensch den ihn umgebenden Schall hört, hängt auch von dessen Frequenz ab.

¹ ISO 7196, März 1995: Acoustics – Frequency-weighting characteristic for infrasound measurements

2 Wie nehmen Menschen Infraschall wahr?

Menschen nehmen Schall primär über das Ohr wahr. Diese akustische Wahrnehmung wird als „Hören“ bezeichnet. Im Bereich tiefer Frequenzen (unterhalb 100 Hertz) nimmt jedoch die Empfindung der Tonhöhen ab – im Bereich des Infraschalls entfällt sie dann komplett. Ein Hören im engeren Sinne gibt es also nicht mehr. Trotzdem ist auch im Infraschallbereich eine Art „Hören“ möglich: Hierfür sind jedoch deutlich höhere Schallpegel notwendig als beim Hörschall. Bei höheren Schallpegeln kann tieffrequenter Schall auch mit dem Tastsinn (taktil) und dem Gleichgewichtssinn (vestibulär) wahrgenommen werden.

Wo liegt nun die Grenze zwischen Hören und Stille? Um diese Grenze zu beschreiben, wurde die Hörschwelle und die sogenannte Wahrnehmungsschwelle definiert:

- Die **Hörschwelle** gibt an, wie laut ein Ton sein muss, damit er vom menschlichen Gehör wahrgenommen werden kann. Dies ist von Mensch zu Mensch unterschiedlich. Daher wird ein statistischer Wert herangezogen, der sogenannte Median: Bei diesem Wert kann die Hälfte der Bevölkerung den frequenzspezifischen Ton bei dem angegebenen Pegel nicht hören, die anderen 50 Prozent aber schon. Beim Infraschall gibt es hier eine Besonderheit: Die Unterschiede in der individuellen Hörschwelle sind im Infraschallbereich stärker ausgeprägt als im Hörschallbereich. Es wird davon ausgegangen, dass die individuelle Hörschwelle bei etwa zwei Drittel der Bevölkerung in einem Bereich von plus/minus sechs Dezibel (dB) um die in Tabelle 1 angegebenen Werte liegt.
- Um den stärkeren individuellen Unterschieden gerecht zu werden, wurde die sogenannte **Wahrnehmungsschwelle** benannt³. Sie ist durch einen anderen statistischen Wert definiert, die sogenannte 90-Prozent-Perzentile der Hörschwellenverteilung: Die Wahrnehmungsschwelle entspricht demnach einem Schallpegel, bei dem 90 Prozent der Bevölkerung den Ton nicht mehr wahrnehmen kann. Das bedeutet gleichzeitig, dass 10 Prozent den Ton auch bei dem angegebenen Schallpegel noch hören oder spüren können.

Ein weiterer wichtiger Aspekt betrifft die Tonhöhe: Je tiefer die **Frequenz** ist, desto höher muss der **Schalldruckpegel** – also die Lautstärke – sein, damit der Mensch etwas wahrnimmt. So muss bei acht Hertz der Schalldruckpegel bei 100 Dezibel liegen, bei 16 Hertz hingegen genügen 76 Dezibel. Bei 100 Hertz würden sogar 23 Dezibel ausreichen.

Tab. 1: Hörschwellen² und Wahrnehmungsschwellen³ im Infraschall-Frequenzbereich.

Schwelle	Schalldruckpegel [dB(Z)] ⁴ bei einer Frequenz ⁵ von				
	8 Hz	10 Hz	12,5 Hz	16 Hz	20 Hz
Hörschwelle	103	95	87	79	71
Wahrnehmungsschwelle	100	92	84	76	68,5

² DIN 45680, März 1997: Messung und Bewertung tieffrequenter Geräuschmissionen in der Nachbarschaft

³ Entwurf DIN 45680, September 2013: Messung und Bewertung tieffrequenter Geräuschmissionen (die Überarbeitung ist derzeit noch nicht abgeschlossen)

⁴ dB(Z): unbewerteter mittlerer Schalldruckpegel

⁵ Terzmitten-Frequenz

3 Wie wirkt Infraschall auf den Menschen?

Über die biologischen Wirkungen von Infraschall mit hohen Pegeln liegen einige Studien vor. Weniger erforscht sind dagegen die Wirkungen, wenn Menschen sehr lange Infraschall mit niedrigem Pegel ausgesetzt sind. Allerdings gibt es in der Natur kontinuierliche Quellen des Infraschalls, wie der Wind mit etwas höheren Pegeln oder auch der menschliche Körper selbst mit sehr niedrigen Pegeln.

Schall mit extrem hohen Pegeln kann nicht nur im Bereich des Hörschalls, sondern auch im Bereich des Infraschalls zu Gehörschäden führen. In Tierversuchen lag beispielsweise bei Meerschweinchen die Grenze, ab der Gehörschäden beobachtet wurden, bei 133 Dezibel. Auch Beobachtungen am Menschen legen nahe, dass Infraschall mit Pegeln von über 140 Dezibel zu Gehörschäden führen können. Bei Schallpegeln von 185 bis 190 Dezibel kommt es zu einer Beschädigung des Trommelfells.

Bei **Infraschall mit sehr hohen Schallpegeln** – also hörbarer Infraschall – werden Effekte auf das Herz-Kreislaufsystem diskutiert, die zum Teil sowohl in Tierexperimenten als auch bei Menschen beobachtet werden. Auch Ermüdung, Beeinträchtigung der Leistungsfähigkeit, Benommenheit, Schwingungsgefühl und Abnahme der Atemfrequenz, Beeinträchtigung des Schlafes und erhöhte Morgenmüdigkeit sowie mögliche Resonanzwirkungen werden als Wirkungen von Infraschall oberhalb der Hörschwelle berichtet.

Ab der **Hörschwelle** kann Infraschall zu Störung und Belästigung führen. Häufig gehen jedoch Infraschall mit Geräuschen im Hörschallbereich einher. Störung und Belästigung sind daher nicht immer eindeutig dem Infraschall zuzuordnen. Es wird jedoch davon ausgegangen, dass die Belästigungswirkung von Infraschall stärker ist als die des Hörschalls.

Liegen die Pegel des Infraschalls **unterhalb der Hörschwelle**, konnten in Studien am Menschen bisher keine Wirkungen auf das Gehör, auf das Herz-Kreislauf-System oder andere Symptome beobachtet werden. Allerdings liegen bisher nur wenige Studien für diesen Bereich vor. Die „Machbarkeitsstudie zur Wirkung von Infraschall“ des Umweltbundesamtes (2014) stellte fest: „Für eine negative Auswirkung von Infraschall unterhalb der Wahrnehmungsschwelle konnten bislang keine wissenschaftlich gesicherten Erkenntnisse gefunden werden, auch wenn zahlreiche Forschungsbeiträge entsprechende Hypothesen postulieren.“ So vermuten einige Wissenschaftler, dass Vorerkrankungen eine Rolle spielen können: Zum Beispiel wird die so genannte Bewegungskrankheit möglicherweise durch Infraschall verstärkt. Menschen mit Morbus Menière, einer Erkrankung des Innenohres, könnten empfindlicher gegenüber Hörschall sein.

Über Wirkungen einer Langzeitexposition des Menschen gegenüber Infraschall von Windenergieanlagen gibt es zum jetzigen Zeitpunkt weder empirische Ergebnisse noch umfassende Prognosen. Aufgrund der ubiquitären natürlichen Hintergrundbelastung des Menschen durch Infraschall ist jedoch davon auszugehen, dass durch die minimale Zusatzbelastung durch Infraschall von Windenergieanlagen auch langfristig keine negativen gesundheitlichen Wirkungen zu erwarten sind.

Die bisherigen Daten weisen also darauf hin, dass gesundheitliche Wirkungen von Infraschall erst im hörbaren Bereich auftreten. Infraschall, der in der Nähe von Windenergieanlagen gemessen wurde (Immissionen), liegt jedoch deutlich unter der Hör- und Wahrnehmungsschwelle.

Weitere Informationen

LANDESANSTALT FÜR UMWELT, MESSUNGEN UND NATURSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG: ► [FAQ zu Infraschall](#)

4 Wo entsteht Infraschall?

Ausgelöst wird Infraschall durch physikalische Ereignisse. Es gibt sowohl natürliche als auch künstliche Quellen.

4.1 Natürliche Quellen

Zu den natürlichen lauten Quellen zählen beispielweise folgende Ereignisse und Phänomene:

- Vulkaneruptionen, Erdbeben
- Meeresbrandung, hoher Seegang
- Schnee- und Geröll-Lawinen
- stark böiger Wind, Stürme und Unwetter
- Donner bei Gewittern

Wird Infraschall durch Wettererscheinungen und Seegang ausgelöst, spricht man von Mikrobaromen.

Natürliche Infraschallereignisse treten meist mit hohen Pegeln auf. In der Regel überschreiten sie sogar die aus künstlichen Quellen. Windböen beispielsweise können bis zu 135 Dezibel „laut“ sein⁶.

4.2 Künstliche Quellen

Zahlreiche Anlagen und Tätigkeiten des Menschen können neben dem hörbaren Schall auch hohe Infraschallpegel emittieren. Beispiele sind⁶:

- große Gasturbinen, Verdichterstationen, Stanzen, Rüttler, Vibratoren, Kompressoren, Pumpen
- Verkehrsmittel (Lkw, Schiffe, Flugzeuge, Strahltriebwerke, Hubschrauber)
- Sprengungen und Explosionen
- Überschallknall von Flugzeugen
- leistungsfähige Lautsprechersysteme in geschlossenen Räumen

Infraschall entsteht bei praktisch allen Tätigkeiten und Vorgängen, die Geräusche erzeugen. Bei industriellen Anlagen sind an manchen Arbeitsplätzen hohe Infraschallpegel möglich. Ansonsten ist der Pegel so niedrig, dass der Infraschall nicht wahrnehmbar ist.



Abb. 2 und 3: Infraschall kann aus künstlichen oder natürlichen Quellen stammen.

⁶ BORGMANN R. (2005)

5 Wie breitet sich Infraschall aus?

Wegen der großen Wellenlänge hat Infraschall andere Eigenschaften als Hörschall: Tieffrequente Schallwellen werden von der Umgebung weniger gedämpft als hochfrequente, bei denen ein Teil von der Luft oder dem Boden absorbiert wird. Außerdem schirmen Hindernisse wie Felsen, Bäume, Schutzwälle oder Gebäude die tieffrequenten Schallwellen nicht wirkungsvoll ab, weil sie im Vergleich zur Wellenlänge relativ klein sind. Auf große Entfernungen nimmt langwelliger Schall daher fast nur nach geometrischen Gesetzmäßigkeiten ab: Verdoppelt sich die Entfernung, dann verteilt sich die Schallenergie auf die vierfache Fläche. Entsprechend sinkt der Pegel um sechs Dezibel (dB).

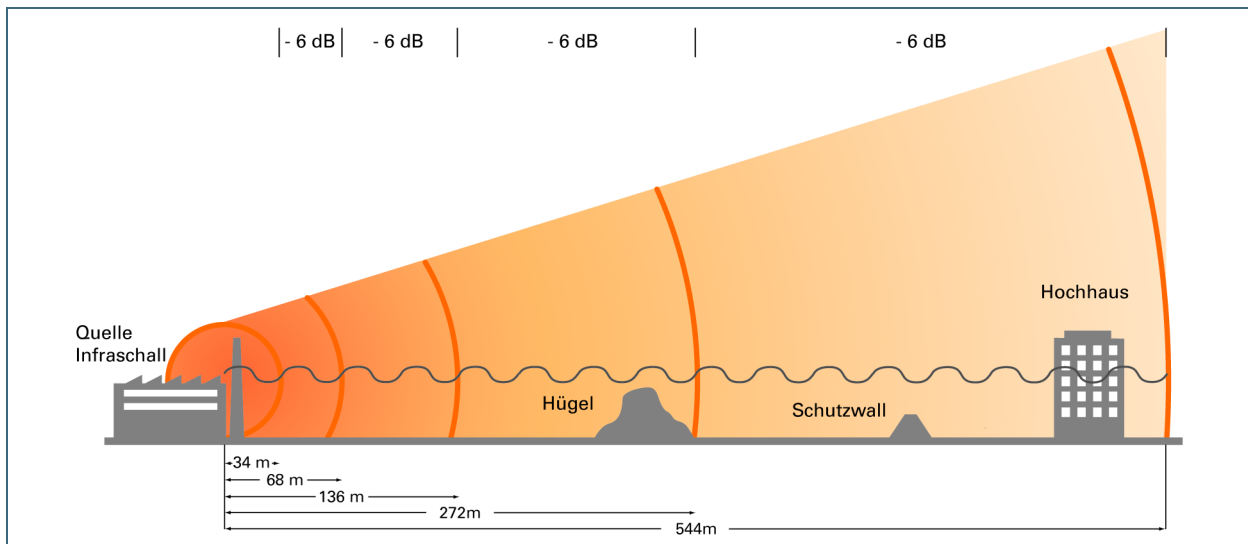


Abb. 4: Wohnhäuser, Bäume und Schutzwälle dämpfen Infraschall kaum, da seine Wellenlänge größer ist als die Hindernisse hoch sind. Der Schallpegel sinkt dann unabhängig von der Bebauung oder dem Gelände: Verdoppelt sich die Entfernung, nimmt er um sechs Dezibel (dB) ab. Im Beispiel dargestellt ist Infraschall von zehn Hertz; er hat eine Wellenlänge von 34 Metern.

6 Erzeugen Windenergieanlagen Infraschall?

Jede Rotorbewegung erzeugt Luftturbulenzen, durch die Geräusche im gesamten Frequenzbereich entstehen. Da die Flügel der Windräder sehr groß sind und sich langsam drehen, sind die von ihnen erzeugten Geräuschpegel deutlich kleiner als bei den sich schnell drehenden Propellern. Vibrationen in den Flügeln und im Turm erzeugen tieffrequente Wellen. Moderne Windenergieanlagentypen, deren Flügel auf der dem Wind zugewandten Seite – also vor dem Turm – angeordnet sind, erzeugen weniger Infraschall als ältere Anlagen, deren Flügel hinter dem Turm vorbeistreichen und regelmäßig in dessen Windschatten geraten.

Messungen des Bayerischen Landesamtes für Umwelt (LfU) belegen immer wieder, dass der Infraschall in der Umgebung von Windenergieanlagen deutlich unter der Hör- und Wahrnehmungsschwelle liegt (Immissionen): Dies zeigt zum Beispiel eine Langzeit-Messung an einer 1-MegaWatt-Windenergieanlage (Typ Nordex N54)⁷. Diese Ergebnisse wurden 2014 für modernere Anlagen mit etwa 140 Metern Nabenhöhe noch einmal bestätigt (Typ Enercon E-82-E2 mit 2300 kW und Nordex N 117 mit 2400 kW).

⁷ HAMMERL C., FICHTNER J. (2000)

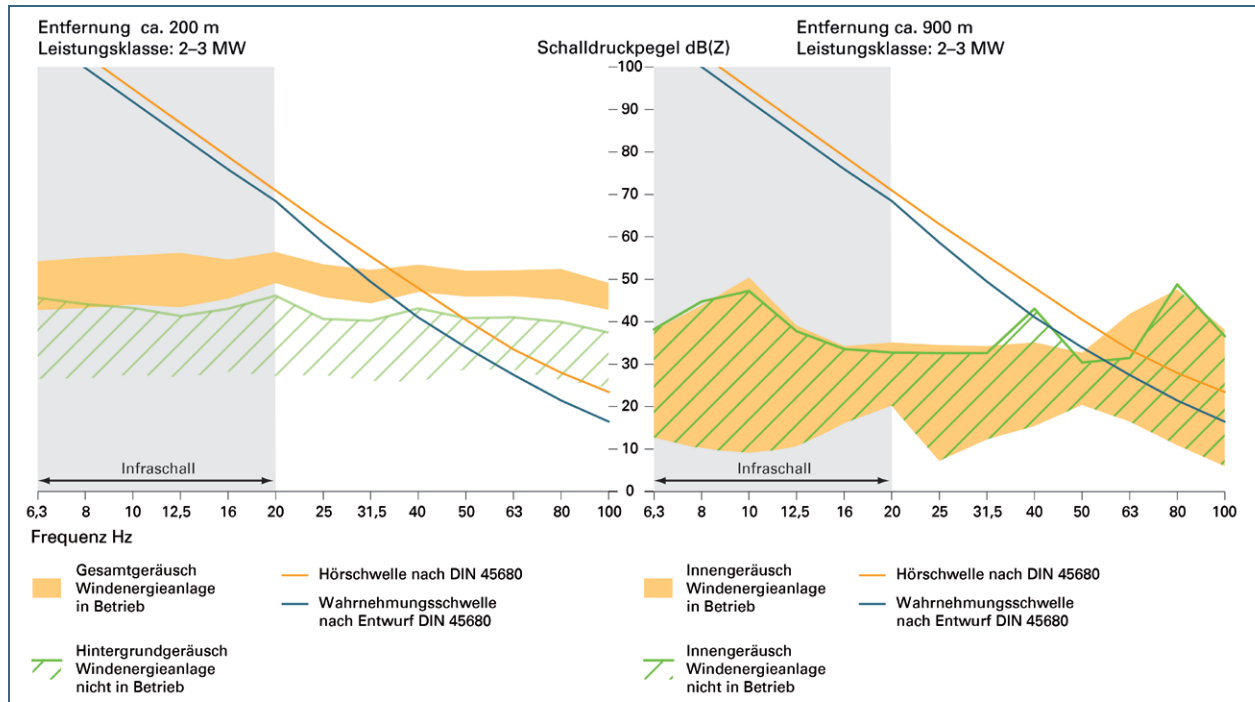


Abb. 5: Messungen zeigen immer wieder, dass der Infraschall in der Umgebung von Windenergieanlagen deutlich unter der Hör- und Wahrnehmungsschwelle liegt. Dies gilt selbst im Nahbereich von Anlagen (links). Bei Messungen in Wohnräumen kann man messtechnisch nicht einmal unterscheiden, ob die Anlage in Betrieb oder ausgeschaltet ist (rechts). (Messungen an modernen Anlagen mit 140 Metern Nabenhöhe bei mittelstarkem Wind von 8 bis 13 m/s, Abstand 200 Meter (links), 900 Meter (rechts).)

Auch die Untersuchungen anderer Schall-Experten zeigen, dass die von Windenergieanlagen erzeugten Infraschallpegel deutlich unter der Hör- und Wahrnehmungsschwelle liegen:

- Messungen in der Umgebung einer 1,5-MegaWatt-Windenergieanlage (Immissionen) im Windpark Hohen Pritz kommen zu dem Ergebnis, dass im Abstand von 600 Metern die Hörschwellenkurve im Infraschallbereich deutlich unterschritten wird. Zwischen dem Betriebszustand „Windenergieanlage an“ und den Hintergrundgeräuschen bei ausgeschalteter Anlage ist kein nennenswerter Unterschied zu erkennen (Typ Südwind S 77).⁸
- Eine dänische Studie, in der Daten von 48 kleinen und großen Windenergieanlagen (80 Kilowatt bis 3,6 MegaWatt) ausgewertet wurden, kommt zu folgendem Schluss: „Windenergieanlagen emittieren ganz gewiss Infraschall, aber die Pegel sind niedrig, wenn man die Empfindlichkeit des Menschen für solche Frequenzen in Betracht zieht. Selbst dicht an den Windenergieanlagen liegt der Schalldruckpegel weit unter der normalen Hörschwelle, und der Infraschall wird daher nicht als ein Problem angesehen für Windenergieanlagen derselben Konstruktion und Größe wie die untersuchten.“⁹
- Messungen der Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW) sowie eine Studie aus Australien legen weiterhin dar, dass Infraschall im ländlichen Bereich im Wesentlichen durch den Wind bestimmt wird, im städtischen Bereich sind technische Anlagen oder Fahrzeuge die Hauptquellen (Immissionen). Windenergieanlagen haben dagegen keinen wesentlichen Einfluss.¹⁰

⁸ KÖTTER CONSULTING ENGINEERS KG (2010)

⁹ Møller H., Pedersen S. (2010)

¹⁰ Evans T., Cooper J., Lenchine V. (2013)

- Die LUBW untersuchte 2013 bis 2015 tieffrequente Geräusche inklusive Infraschall. Gemessen wurden zum einen in der Nähe von modernen Windkraftanlagen, zum anderen im Straßenverkehr, in Haushalten sowie in städtischer und ländlicher Umgebung. Das Ergebnis zeigt, dass Infraschall überall vorhanden ist – Windkraftanlagen leisten dabei keinen wesentlichen Beitrag, denn ihre Infraschallpegel liegen deutlich unter der Wahrnehmungsgrenze des Menschen.¹¹

Rechtliche Aspekte

Infraschall kann zu Belästigungen führen, wenn die Pegel die Wahrnehmbarkeitsschwelle des Menschen überschreiten (nach Entwurf DIN 45680³). Bei Windenergieanlagen wird diese Schwelle bei weitem nicht erreicht.

Bereits mehrere Gerichte haben sich mit dem Thema Infraschall beschäftigt. Das Verwaltungsgericht Würzburg stellt dazu zusammenfassend fest, dass „im Übrigen hinreichende wissenschaftlich begründete Hinweise auf eine beeinträchtigende Wirkung der von Windenergieanlagen hervorgerufenen Infraschallimmissionen auf den Menschen bisher nicht vorliegen.

Bei komplexen Einwirkungen, über die noch keine hinreichenden wissenschaftlichen Erkenntnisse vorliegen, gebietet die staatliche Schutzpflicht aus Art. 2 Abs. 1 GG nicht, alle nur denkbaren Schutzmaßnahmen zu treffen.

Deshalb ist der Ordnungsgeber nicht verpflichtet, Grenzwerte zum Schutz von Immissionen zu verschärfen (oder erstmals festzuschreiben), über deren gesundheitsschädliche Wirkungen keine verlässlichen wissenschaftlichen Erkenntnisse vorliegen.“ (VG Würzburg Urteil vom 7. Juni 2011, AZ W 4 K 10.754)

7 Fazit

Da die von Windenergieanlagen erzeugten Infraschallpegel in der Umgebung (Immissionen) deutlich unterhalb der Hör- und Wahrnehmungsgrenzen liegen, können nach heutigem Stand der Wissenschaft Windenergieanlagen beim Menschen keine schädlichen Infraschallwirkungen hervorrufen. Gesundheitliche Wirkungen von Infraschall sind erst bei sehr hohen Pegeln zu erwarten, die dann im Allgemeinen auch wahrnehmbar sind. Nachgewiesene Wirkungen von Infraschall unterhalb dieser Schwellen liegen nicht vor.

8 Literatur und Links

BAYERISCHE STAATSREGIERUNG (2016*): ► [Energieatlas-Bayern](#)

BORGMANN R. (2005): [Nichtionisierende Strahlung – Infraschall](#). PDF, 22 S.

BRITISH WIND ENERGY ASSOCIATION (2005): [Low frequency noise and wind turbines](#). BWEA Briefing Sheet. PDF, 2 S.

BUND NRW (2012): [Windkraft in Nordrhein-Westfalen](#) – Fortschreibung der BUND-Position PDF, 8 S.

DOTT et al. (2007): [Infraschall und tieffrequenter Schall – ein Thema für den umweltbezogenen Gesundheitsschutz in Deutschland? Mitteilung der Kommission „Methoden und Qualitätssicherung in der Umweltmedizin“](#). Bundesgesundheitsbl – Gesundheitsforsch – Gesundheitsschutz 50: 1582–1589. PDF, 8 S.

¹¹ Pressemitteilung Baden-Württemberg (26.02.2016) – Windkraft hat keinen relevanten Einfluss auf Infraschall

- HAMMERL C., FICHTNER J. (2000): [Langzeit-Geräuschimmissionsmessungen an der 1 MW-Windenergieanlage Nordex N54 in Wiggensbach bei Kempten \(Bayern\)](#). Bayerisches Landesamt für Umweltschutz. PDF, 87 S.
- HEALTH PROTECTION AGENCY (2010): [Health effects of exposure to ultrasound and infrasound](#). Report of the independent Advisory Group on Non-ionising Radiation. PDF, 196 S.
- JAKOBSEN J. (2005): Infrasound emission from wind turbines. In: Journal of low frequency noise, vibration and active control 24(3): 145–155.
- KLUG H. (2002): [Infraschall von Windenergieanlagen: Realität oder Mythos?](#) DEWI Magazin 20. PDF, 1 S.
- KÖTTER CONSULTING ENGINEERS (2010): [Schalltechnischer Bericht Nr. 27257-1.002 über die Ermittlung und Beurteilung der anlagenbezogenen Geräuschimmissionen der Windenergieanlagen im Windpark Hohen Pritz](#). PDF, 95 S.
- LANDESANSTALT FÜR UMWELT, MESSUNGEN UND NATURSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG:
(2016*) ► [Fragen und Antworten zum Thema Infraschall](#)
(2015) [Windenergie und Infraschall – Tieffrequente Geräusche durch Windenergieanlagen](#). PDF, 2 S.
(2016) [Tieffrequente Geräusche inkl. Infraschall von Windkraftanlagen und anderen Quellen](#). PDF 104 S.
- LANDESUMWELTAMT NORDRHEIN-WESTFALEN:
(2002) [Windenergieanlagen und Immissionsschutz](#). PDF, 54 S.
(2007) [Geräuschemissionen hoher Windenergieanlagen](#). PDF, 114 S.
- MINISTERIUM FÜR UMWELT, KLIMA UND ENERGIEWIRTSCHAFT BADEN-WÜRTTEMBERG (2016): [Windkraft hat keinen relevanten Einfluss auf Infraschall](#). Pressemitteilung
- MØLLER H., PEDERSEN C.S.:
(2004) Hearing at low and infrasonic frequencies. Noise & Health 6: 37-57
(2010) [Tieffrequenter Lärm von großen Windkraftanlagen](#). PDF, 46 S.
- O'NEILL ET AL. (2011): Low frequency noise and infrasound from wind turbines. In: Noise Control Engineering Journal 59: 135–157
Salt and Lichtenhan. How does Wind Turbine Noise Affect People, Acoustics Today, 10(1), 2014
- SALT A.N., LICHTENHAN J.T. (2014): How does Wind Turbine Noise Affect People, Acoustics Today, 10(1)
- SALT A.N., HULLAR T.E. (2010): Responses of the Ear to Low Frequency Sounds, Infrasound and Wind Turbines. Hearing Research, 268 (1-2)
- SCHOMER ET AL. (2015): A theory to explain some physiological effects of the infrasonic emissions at some wind farm sites, Journal of the Acoustical Society of America, 137(3)
- UMWELTBUNDESAMT (2014): [Machbarkeitsstudie zu Wirkungen von Infraschall – Entwicklung von Untersuchungsdesigns für die Ermittlung der Auswirkungen von Infraschall auf den Menschen durch unterschiedliche Quellen](#). PDF, 135 S.

* Zitate von Online-Angeboten vom 03.08.2016

9 Weiterführende Publikationen

UmweltWissen-Publikationen:

- ▶ [Lärm – Hören, Messen und Bewerten](#)
- ▶ [Lärm – Straße und Schiene](#)
- ▶ [Lärm – Wohnen, Arbeit und Freizeit](#)
- ▶ [Windenergie in Bayern](#)

Umweltschutz im Alltag: ▶ [Ansprechpartner](#) und ▶ [weitere Publikationen](#)

Impressum:

Herausgeber:

Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU)
Bürgermeister-Ulrich-Straße 160
86179 Augsburg

Telefon: 0821 9071-0

Telefax: 0821 9071-5556

E-Mail: poststelle@lfu.bayern.de

Internet: <http://www.lfu.bayern.de>

Postanschrift:

Bayerisches Landesamt für Umwelt
86177 Augsburg

Bayerisches Landesamt für Gesundheit und
Lebensmittelsicherheit (LGL)
Eggenreuther Weg 43
91058 Erlangen

Telefon: 09131 6808-0

Telefax: 09131 6808-2102

E-Mail: poststelle@lglbayern.de

Internet: <http://www.lgl.bayern.de>

Bearbeitung:

ÖIB / Dr. Stephan Leitschuh
Ref. 12 / Friederike Bleckmann, Dr. Katharina Stroh
Ref. 26 / Georg Eberle, Johann Fichtner

LGL, Sachgebiet AP2, Arbeits- und Umweltepidemiologie / Dr. Caroline Herr,
Dr. Bernhard Brenner, Dr. Stefanie Kolb

Bildnachweis:

Titelbild: © Vaceslav Romanov – Fotolia.com; Abb. 1: LfU; Abb. 2: © Eisenhans - Fotolia.com; Abb. 3: © Friday - Fotolia.com; Abb. 4 und 5: LfU

Stand:

Neufassung: März 2012

4. aktualisierte Auflage: November 2014

Aktualisierung: August 2016

Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte sind vorbehalten. Die Broschüre wird kostenlos abgegeben, jede entgeltliche Weitergabe ist untersagt. Diese Broschüre wurde mit großer Sorgfalt zusammengestellt. Eine Gewähr für die Richtigkeit und Vollständigkeit kann dennoch nicht übernommen werden. Für die Inhalte fremder Internetangebote sind wir nicht verantwortlich.



BAYERN | DIREKT ist Ihr direkter Draht zur Bayerischen Staatsregierung. Unter Tel. 089 122220 oder per E-Mail unter direkt@bayern.de erhalten Sie Informationsmaterial und Broschüren, Auskunft zu aktuellen Themen und Internetquellen sowie Hinweise zu Behörden, zuständigen Stellen und Ansprechpartnern bei der Bayerischen Staatsregierung.