

# Kommentierung verschiedener Studien und Berichte über Infraschall

Univ. Prof. i. R. Dr. Henning Müller zum Hagen, Dipl.-Physiker

Dipl.-Ing. Gerhard Artinger, VDI

[www.gegenwind-bargteheide.de](http://www.gegenwind-bargteheide.de); [www.vernunftkraft.de](http://www.vernunftkraft.de)



Bei der Diskussion über den Infraschall von Windrädern und deren Auswirkungen werden vielfach Studien und Berichte aus dem Ausland zitiert. Wesentliche Inhalte der letzten Studien aus Canada, USA und Australien werden in diesem Beitrag zusammengefasst.

Ziel dieser Ausarbeitung ist ebenfalls, die Zusammenhänge möglichst anschaulich darzustellen, damit die Nicht-Schall-Experten sich ebenfalls eine Meinung bilden können.

## Zusammenfassung

- Von Windkraftanlagen wird zweifelsfrei Infraschall und tieffrequenter Schall emittiert, der sich von dem sonstigen Infraschall und tieffrequentem Schall (z.B. Wind) erheblich unterscheidet (siehe Kap 4 u. 5). Dies gilt insbesondere für die neuen Anlagen der 2 bis 3 Megawatt Klasse (150 bis 200 Meter hoch).
- Tieffrequenter Lärm führt bei einem nicht geringen Prozentsatz der Bevölkerung zu einer Belastung (geschätzt 10 bis 30%, bei einem Abstand von bis zu 2.000 Metern). Es gibt zahlreiche Fälle, in denen Windkraftanlagen durch ihre Schallemissionen zu gesundheitlichen Störungen geführt haben. Die Wirkung kann schon eintreten, wenn die Anhaltswerte nach der DIN 45680 noch unterschritten sind.
- Die tieffrequenten Anteile werden durch die bisher angewendeten Mess- und Auswertemethoden unterdrückt oder gar nicht erfasst. Die benutzte Terz- bzw. Oktav-Analyse mittelt einzelne Frequenzspitzen weg. Der zur Bewertung herangezogene Außen-Schallpegel ignoriert die Hauptbelastung bei Betroffenen. Der tieffrequente Schall dringt in

die Innenräume. Er kann durch Schallreflexionen und Überlagerungen sogar örtlich zu überhöhten Schalldruckwerten führen. Die andauernde Einwirkung auf den Menschen stört insbesondere den Schlaf.

- Spitzen der Einzelfrequenzen heben sich deutlich um mehr als 10 dB vom Grundgeräusch ab. Tonale Anteile (Frequenzspitzen) im Schallspektrum wirken dabei störender und schädlicher als breitbandiges Rauschen.
- Es ist davon auszugehen, dass ein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen Schall-emissionen der Windkraftanlagen und gesundheitlichen Beeinträchtigungen von Anwohnern besteht. Die Beschwerden nehmen in der Regel mit der Entfernung ab.
- Das für die Schallausbreitung benutzte Berechnungsmodell nach DIN 9613-2, das nur für Anlagen bis zu einer Höhe von 30 Meter zu zuverlässigen Aussagen führt, ist für die Windkraftanlagen nicht geeignet. Die Schallausbreitung wird dadurch fehlerhaft berechnet, die tatsächlichen Schallimmissionswerte sind höher als die berechneten [16].

Berücksichtigt man die tatsächlichen Randbedingungen (Höhe, atmosphärische Stabilität, Luftschalldämpfungswerte), müssten für heutige Anlagen folgende Abstände festgelegt werden [16]:

Reines Wohngebiet	35dBA	4,5km
Allgemeines Wohngebiet	40dBA	2,3km
Mischgebiet	45dBA	1,1km

- Die in den Erlassen in Schleswig-Holstein festgelegten Abstände zu Einzelhäusern von 400 Metern und zur Wohnbebauung von 800 Metern sind bei weitem zu gering. Ferner stellt sich die Frage, ob es rechtlich und moralisch haltbar ist, dass ein Unterschied zwischen Wohnbebauung und Einzelhäusern gemacht wird.
- Windkraftanlagen dürfen nur in angemessener Entfernung zu Wohnhäusern aufgestellt werden. Die 10 H Regel ist ein Anhalt.

Mindestabstände für Windkraftanlagen zu Wohngebäuden  
ist gleich  
Gesamthöhe der Windkraftanlage mal 10

# 1 Einleitung

Die Aussagen, ob Infraschall gesundheitliche Auswirkungen auf den Menschen hat, sind unterschiedlich. Die Ergebnisse der jeweiligen Studien werden von der Gegenseite in der Regel bestritten bzw. angezweifelt.

So schreibt der Bundesverband für Windenergie (BWE) im März 2015 [22]:

„Das Landesumweltamt Baden Württemberg führte zudem 2013 Messprojekte an Windenergieanlagen in verschiedenen Leistungsbereichen durch. Die ersten Ergebnisse zeigen die gute Messbarkeit von Infraschall in der Nähe der Anlagen, die Abnahmen des Infraschallpegels und die Wahrnehmungsschwelle im Abstand von 150 bis 200 m und keine nennenswerte Zunahme des Infraschallpegels ab einem Abstand von 700 m.“

Grundsätzlich wird also der Infraschall von Windkraftanlagen vom BWE nicht mehr bestritten. Die Formulierung „... keine nennenswerte Zunahme ab einem Abstand von 700 m“ muss man sich ebenfalls auf der Zunge zergehen lassen. Ist in der Formulierung versteckt, dass die Bedenken der Windkraft-Kritiker doch gerechtfertigt sind?

Frau Dr. Dorothee Twardella, Bayerisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit, Sachgebiet Arbeits- und Umweltmedizin/-epidemiologie schreibt in einer Stellungnahme, Stand 2013: „Unterhalb der Hörschwelle konnten bisher keine Wirkungen des Infraschalls auf den Menschen belegt werden.“ Diese Aussage zitieren dann namhafte Politiker in der Diskussion. Dass Frau Twardella als Beleg für ihre Aussage Literatur aus den Jahren 1982 und 1984 anführt, wird nicht weiter erwähnt, neuere Erkenntnisse werden nicht berücksichtigt.

Prof. Krahe et al formulieren die unterschiedlichen Meinungen in der Machbarkeitsstudie zur Wirkung von Infraschall, UBA 2014 [14; 15], wie folgt: „Ein Vergleich der Untersuchungsergebnisse hat gezeigt, dass negative Auswirkungen von Infraschall im Frequenzbereich unter 10 Hz auch bei Schalldruckpegeln unterhalb der Hörschwelle nicht ausgeschlossen sind. ... Für eine negative Auswirkung von Infraschall unterhalb der Wahrnehmungsschwelle konnten bislang keine wissenschaftlich gesicherten Erkenntnisse gefunden werden, auch wenn zahlreiche Forschungsbeiträge entsprechende Hypothesen postulieren.“ Weitere Forschung ist dringend notwendig.

Andere Forscher bzw. Mediziner gehen davon aus, dass genug Ergebnisse vorliegen, um größere Abstände zwischen Windrädern und Wohnungen festzulegen, siehe hierzu [5 bis 8; 11 bis 13; 16].

Seit Ende 2014 und Anfang 2015 liegen weitere Studien und Berichte vor [17 bis 21]. Diese bestärken die Annahme, dass es konkrete statistische Zusammenhänge zwischen gesundheitlichen Beschwerden und dem Schall von Windkraftanlagen gibt.

## 2 Was ist Infraschall?

Bild 1 zeigt, wie Infraschall einzuordnen ist. Infraschall ist der Schall mit Frequenzanteilen kleiner 20 Hertz (Hz). Der Bereich des tieffrequenten Lärms überschneidet sich mit dem Infraschall. Der hörbare Schall liegt im Frequenzbereich zwischen 20 und 20.000 Hz. Darüber spricht man von Ultraschall. Die abgebildete Tastatur eines Klaviers deckt den Bereich von 33 bis 4.186 Hz ab. Ein Säugling schreit mit einem großen Frequenzanteil von 3.000 bis 4.000 Hz.

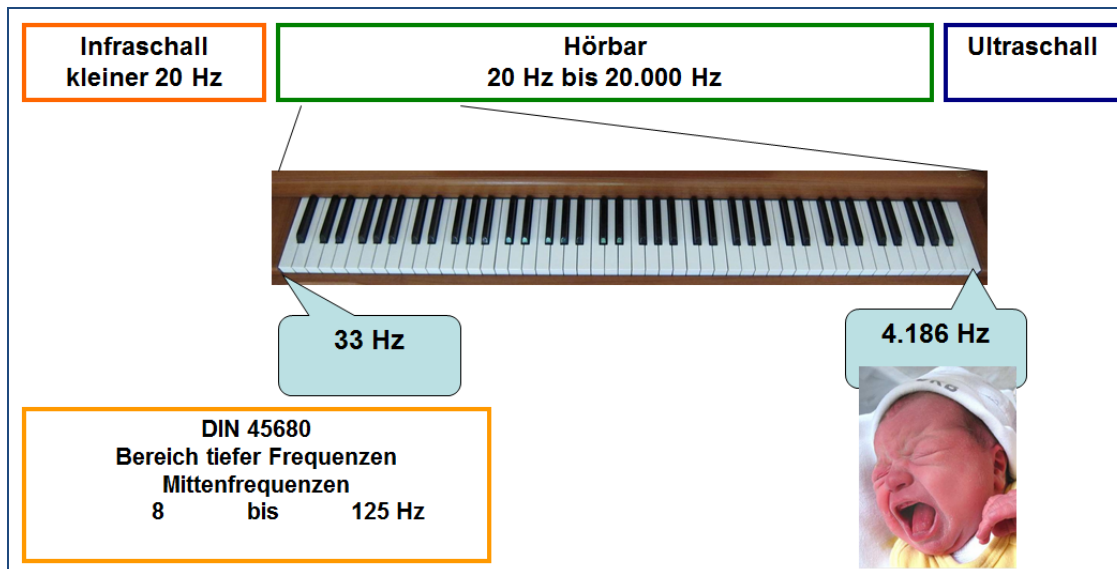
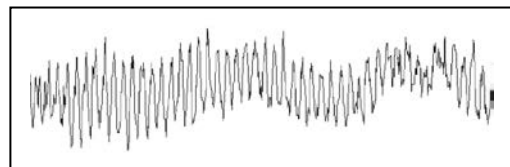


Bild 1: Frequenzbereich von Infraschall, hörbarer Schall bis Ultraschall

Für den Leser, der sonst nicht mit physikalischen Größen wie Frequenz umgeht, ein kleiner Einschub. Schall breitet sich als Luftdruckänderung aus. Im nebenstehenden Bild 2 läuft die Zeit von links nach rechts.



Je stärker die Änderung ausfällt, also je höher die Amplitude ist, umso lauter wird das Geräusch empfunden. Je schneller die Änderung ist, umso höher wird der Ton empfunden. Schnelle Änderungen bewirken Töne mit hoher Frequenz, langsame Änderungen bewirken Töne mit tiefer Frequenz. Da aus dem Gezappel der Luftdruckänderungen schwer etwas zu erkennen ist, zerlegt man die Schwingung in ihre Einzelbestandteile, man führt eine Frequenzanalyse durch. Wesentliche mathematische Grundlagen dazu hat der französische Mathematiker Jean Baptiste Joseph Fourier geschaffen. Daher spricht man von Fourier-Analyse oder Fourier-Transformation. Auf den heutigen modernen Rechnern ist hierzu ein schneller Algorithmus programmiert, die „Fast Fourier Transform“ (FFT). Das Schallsignal wird also zur besseren Analyse in die einzelnen Frequenzen zerlegt. Von links nach rechts ist dann nicht mehr die Zeit, sondern die Frequenz aufgetragen vgl. Bild 5. Wie genau man nun diesen Frequenzbereich untersuchen kann, wird im nächsten Kapitel behandelt.

Bild 2: beliebiges Schallsignal

### 3 Wieso kann jemand behaupten, da ist nichts, wenn doch etwas da ist?

Wieso können Windkraftbetreiber, Behörden oder Messlabore eine Frequenzanalyse vorlegen, auf der alles sehr harmonisch aussieht? Wieso kann jemand Messergebnisse vorlegen, auf denen sich die Frequenzen vom Umgebungsgeräusch kaum abheben?

Ein entscheidender Grund ist, in welchem Frequenzbereich gemessen wird und mit welcher Auflösung die Messdaten ausgewertet werden. Werden Mikrofone und Messeinrichtungen benutzt, die erst ab 10 Hertz aufwärts die Schallsignale erfassen, können im Messsignal also auch keine Frequenzen kleiner 10 Hertz vorkommen [vgl. DIN 45680 v. 1997].

Für den Laien soll die Einflussgröße „Auflösung“ anhand eines Beispiels erläutert werden. Bild 3 zeigt die Aufnahme eines Teppichs mit geringer Auflösung. Einzelheiten wie Farbmuster sind nicht klar zu erkennen. Eine Gefahr scheint von der Oberfläche nicht auszugehen. Es gibt anscheinend keine Bedenke, hier barfuß zu gehen.



Bild 3: Teppich mit geringer Auflösung fotografiert



Bild 4: Teppich mit hoher Auflösung fotografiert

In Bild 4 sind bei höherer Auflösung die Einzelheiten klar zu erkennen.

Ähnlich verhält es sich bei der Auswertung von Schallsignalen. Bei den Terz- bzw. Oktav-Analysen werden die Frequenzen über bestimmte Frequenzbänder (Frequenzbereiche) gemittelt. Die Frequenzbänder sind durch ihre Mittenfrequenz charakterisiert.

Wird also bei Mittenfrequenzen entsprechend einer Oktav-Analyse bei den Frequenzen 16, 31,5, 62,5, 125, 250, 500, 1000, 2000, untersucht [DIN EN 61260], werden

Einzelheiten weggeglättet. Auch die Auflösung entsprechend der Terzmittenfrequenzen 10, 12,5, 16, 20, 25, 31,5 usw. ist nicht fein genug, um Einzelheiten zu erkennen.

Bild 5 zeigt den Vergleich einer höchauflösenden Auswertung (blau) mit einer gemittelten Auswertung (rot). Die Spitzen in den einzelnen Frequenzen (blau) sind bei der gemittelten Auswertung (rot) nicht mehr zu erkennen. Die Aussage: Es gibt keine Spitzen, ist also falsch, wenn man nur die gemittelte Analysen auswertet. Das Bild ist entnommen aus [19, Seite 99]. Zur besseren Übersichtlichkeit sind die Diagrammbeschriftungen weggelassen worden. Auf Details wird später eingegangen.

Vereinzelt wird in der Diskussion vorgebracht, ich habe mir Windkraftanlagen angehört, da ist nichts Störendes. Es gibt Anwohner, die haben oder hatten keine Schallprobleme. Dann kam das Repowering. Die kleineren Anlagen wurden durch große, moderne ersetzt. Plötzlich treten erhebliche Probleme auf. Woran liegt das?

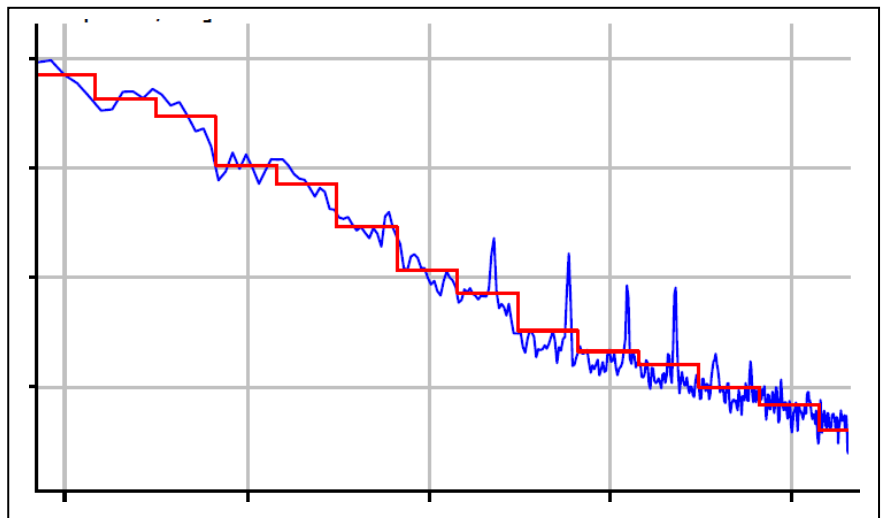


Bild 5: Frequenzanalyse eines Schallsignales mit hoher Auflösung (blau) und gemittelt (rot). Die Spitzen werden weggemittelt.

Die größeren Anlagen drehen zwar mit einer kleineren Winkelgeschwindigkeit (Umdrehungen pro Minute), durch die wesentlich längeren Rotorblätter sind aber die Geschwindigkeiten an den Blattenden wesentlich höher als bei kleineren Anlagen. Die Blattspitze erreicht je nach Drehzahl und Rotorblattlänge eine Geschwindigkeit von 300 bis 400 km/Stunde. Auch das Schwingungsverhalten der längeren Blätter ist anders. Heutige Windräder überstreichen eine Fläche von 9 bis 10 Tausend Quadratmeter. Vergleichen Sie die Zahl mit der Größe Ihres Grundstücks. Ob hier noch von einer Punktquelle ausgegangen werden kann, wie es die DIN 9613-2 voraussetzt, ist fraglich. Ferner führt die DIN 9613-2, nach der die Ausbreitung des Schalls im Freien berechnet wird, nur für Anlagen bis zu einer Höhe von 30 Metern zu zuverlässigen Aussagen. Die Schallausbreitung von größeren Windkraftanlagen wird dadurch fehlerhaft berechnet, die tatsächlichen Schallimmissionswerte sind höher als die nach DIN 9613-2 berechneten [4; 16]. Diese Berechnungsart ist zum Vorteil der Anlagenbauer und Betreiber, weil sie eine Genehmigung erhalten, wo eigentlich keine erteilt werden dürfte. Sind die Anlagen dann gebaut, haben zuerst die Anwohner das Problem und müssen sich um Nachmessungen kümmern. Meist werden dann höhere Immissionswerte gemessen.

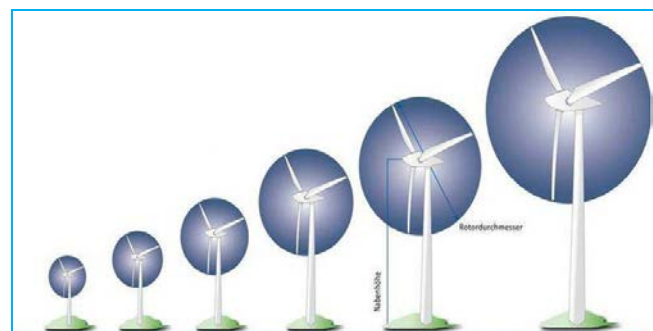


Bild 6: Entwicklung zu immer höheren Anlagen

## 4 Entsteht bei Betrieb von Windkraftanlagen tieffrequenter Lärm?

Je nach Drehzahl des Windrades streicht alle ein bis zwei Sekunden ein Blatt am Mast vorbei. Bekannt ist das typische Geräusch „Wusch Wusch“. Dies ist der hörbare Anteil im Schall. Dazu kommt ein nicht hörbarer Anteil. Sehr anschaulich ist das Entstehen des Lärms in der Arbeit von G.P. van den Berg [3] dargestellt, siehe Bild 7.

Durch das Vorbeistreichen des Blattes am Mast alle ein bis zwei Sekunden entsteht eine Luftdruckänderung/Schall-druckänderung mit einer Grund-Frequenz zwischen 1 und 0,5 Hertz, also weit im Infraschallbereich.

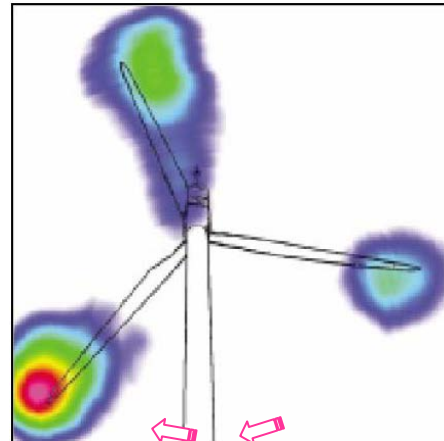


Bild 7: Ort der stärksten Schallemission

Dass durch Windkraftanlagen tieffrequenter Lärm entsteht, kann inzwischen auch die Windkraftindustrie nicht mehr leugnen [22]. Allerdings wird häufig behauptet, dies ist mit natürlichen Infraschallwellen gleichzusetzen [10]. Natürlichen und anthropogenen Infraschall gleichzusetzen, ist nicht fachgerecht. Infraschall aus technischen Quellen weist entstehungsbedingt mehrere Charakteristika auf, die sowohl für sich, als auch in Kombination nachweislich beim Menschen zu schwerwiegenden, gesundheitlichen Beeinträchtigungen führen können.

**Michael Bahtiarian** [20] hat nach Beschwerden der Anwohner durch Messungen im Dez. 2014 in **Falmouth, Massachusetts, USA**, den Infraschall näher untersucht. Er hat nachgewiesen, dass sich die Grund-Frequenz (1x BPF, Blade Pass Frequency) und die Vielfachen davon (Flügelharmonische 2x BPF; 3x BPF usw.) deutlich vom Umgebungsgeräusch abheben. Das Frequenzspektrum des Umgebungsgeräuschs ist in der schwarzen Kurve dargestellt (Windturbine steht). Es ist im Wesentlichen ein Rauschen. Die rote Kurve ist das Frequenzspektrum des Schalldrucks im Haus, wenn die Windturbine in Betrieb ist, die grüne Kurve ist die Messung außerhalb des Hauses, ebenfalls bei Betrieb. Tonale Anteile (Frequenzspitzen) im Schallspektrum wirken dabei störender und schädlicher als breitbandiges Rauschen.

Die Wirkung auf den menschlichen Körper ist in Kap. 5.3 beschrieben.



Im abgebildeten Beispiel (Bild 8) ist die Grund-Frequenz bei etwa 0,7 Hertz gut zu erkennen. Die

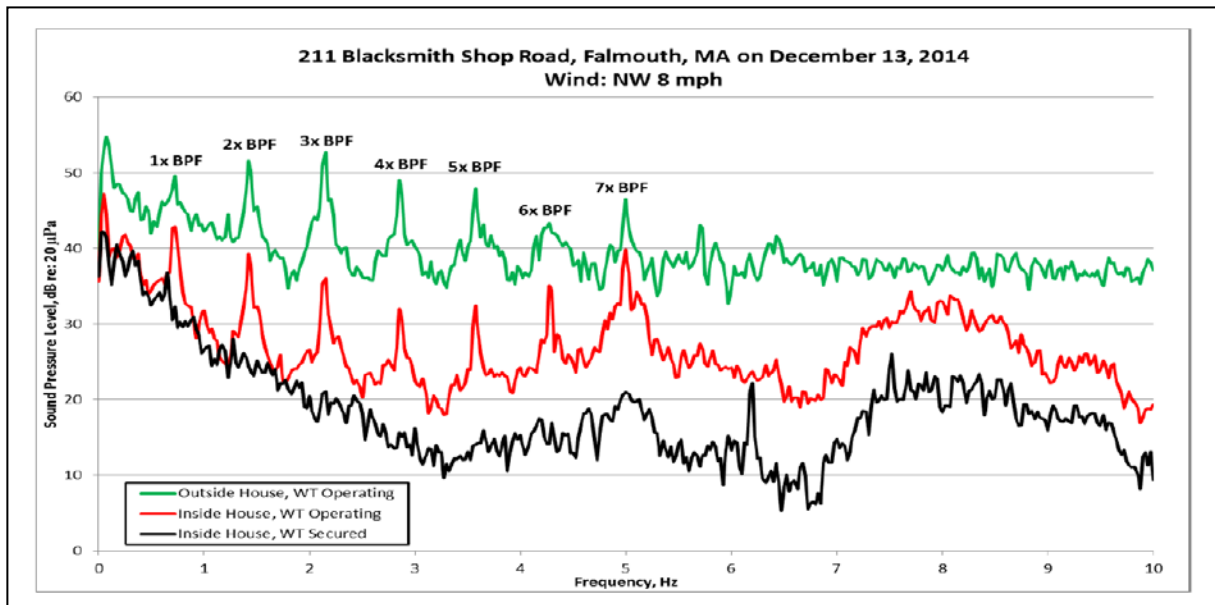


Bild 8: Frequenzanalyse eines tieffrequenten Schallsignales einer Windkraftanlage

nachfolgenden Spitzen entstehen, weil sich auch Vielfache der ersten Frequenzspitze ausbreiten. Die Spitzen treten deutlich aus dem Umgebungsgeräusch hervor. Wie oben beschrieben führen gerade die hervortretenden Spitzen auf Dauer zu gesundheitlichen Schäden.

In diesem Fall hatte das Gericht entschieden, dass beide Windturbinen in der Zeit von 19:00 bis 07:00 Uhr abgeschaltet werden müssen.

Im betrachteten Fall handelte es sich um mittlere Anlagen, Vestas V82, mit 1,65 MW, Rotorfläche 5.281 Quadratmeter. Sie standen rund 400 und 800 Meter vom Anwesen entfernt. Dies sind auch die typischen Mindestabstände in Schleswig-Holstein. Es kann davon ausgegangen werden, dass die heutigen größeren Anlagen, z.B. Vestas 112, mit 3,3 MW und einer Rotorfläche von 9.852 Quadratmeter mehr als doppelt so laut sind und die Frequenzen sich ebenfalls deutlich vom Umgebungsgeräusch abheben. Die in Schleswig-Holstein und den meisten Bundesländern festgelegten Mindestabstände sind deutlich zu gering. Nur Bayern macht mit der 10 H Regel eine löbliche Ausnahme.

Bereits 2004 hatten Lars Ceranna, Gernot Hartmann und Manfred Henger in ihrer Untersuchung, die sie an einer Windkraftanlage in der Nähe von Hannover

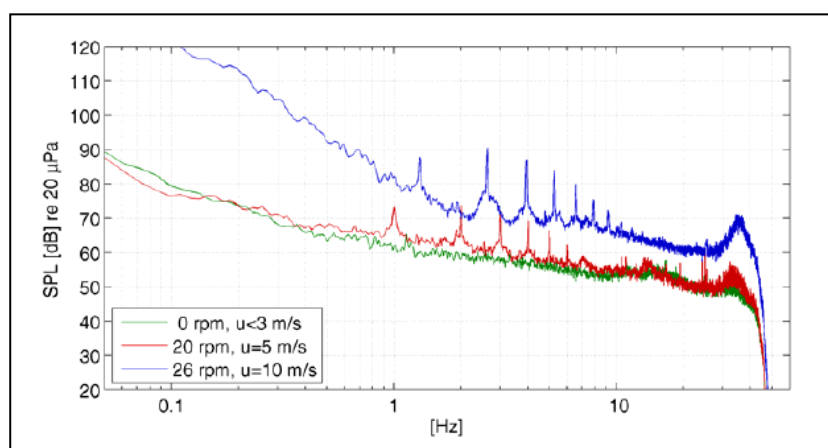


Bild 9: Frequenzanalyse des Schallsignales einer Windkraftanlage bei Hannover

durchführten, vermerkt [2]: „Der durch die Flügelbewegung hervorgerufene Lärm beschränkt sich



dabei nicht nur auf den hörbaren Bereich, denn auf Grund ihrer Größe und geringen Rotationsgeschwindigkeit wird ein erheblicher Energieanteil unterhalb von 20 Hz, als Infraschall abgestrahlt.“ Sie konnten deutlich die Grund-Frequenz, die sich aus der Drehzahl und dem Vorbeistreichen am Mast ergibt, und die Vielfachen davon nachweisen (Bild 9).

Von Windkraftbefürwortern wird eingewendet, dass diese Messung in nur 200 Meter von der Anlage entfernt aufgenommen worden ist und damit nicht aussagekräftig ist. Dem ist zu entgegnen, dass bei einer Frequenz von 1 Hertz die Wellenlänge 343 Meter beträgt und die Infraschallwelle bei 200 Meter noch gar nicht richtig ausgeprägt, trotzdem deutlich zu erkennen ist. Ferner wurde in weiteren Untersuchungen ermittelt, wie weit sich die Infraschallwellen verschieden großer Anlagen ausbreiten. Bild 10 zeigt deutlich, wie weit sich der Infraschall heutiger Windkraftanlagen mit etwa 3 MW Leistung ausbreitet [2].

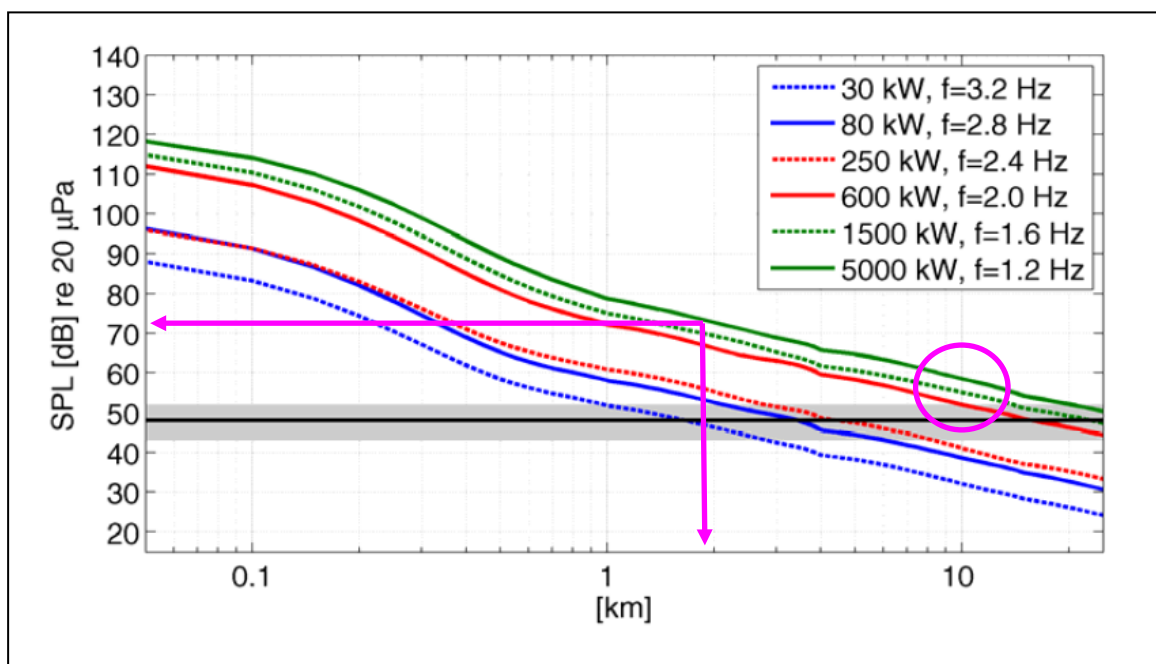


Bild 10: Verlauf des emittierten Schalldruckpegels (SPL) mit der Entfernung zur Quelle für die 2. Flügelharmonische.

Dargestellt ist der Schalldruckpegel (SDP) der zweiten Flügelharmonischen (in den Kurven Bild 9 jeweils als zweite Spitze von links zu sehen). Sie hebt sich nach mehr als 10 km immer noch vom Hintergrundgeräusch (grauer waagerechter Balken) ab. Nach 2 km liegt der Schalldruckpegel noch 20 dB über dem Hintergrundgeräusch. Dies führt unweigerlich bei einem Teil der Bevölkerung zu Störungen und Irritationen im Körper, auch wenn offiziell die sogenannte Wahrnehmungsschwelle nicht überschritten ist. Damit sind wir bei den gesundheitlichen Auswirkungen des Infraschalls.

## 5 Wirken sich Windkraftanlagen auf die Gesundheit aus?

Seitens der Betreiber und der Genehmigungsbehörden wird stets betont: Es werden alle gesetzlichen Rahmenbedingungen eingehalten. Daher sind keine Auswirkungen auf die Gesundheit zu erwarten. Was ist aber, wenn die gesetzlichen Rahmenbedingungen falsch sind? Wer trägt dann das Risiko? Die Planer, die Betreiber oder die Mitarbeiter der Genehmigungsbehörden, die alle weiter als 2.000 Meter von den Windkraftanlagen entfernt wohnen und schlafen können. Oder sind es die Menschen, die in unmittelbarer Nähe wohnen und nachts nicht schlafen können?

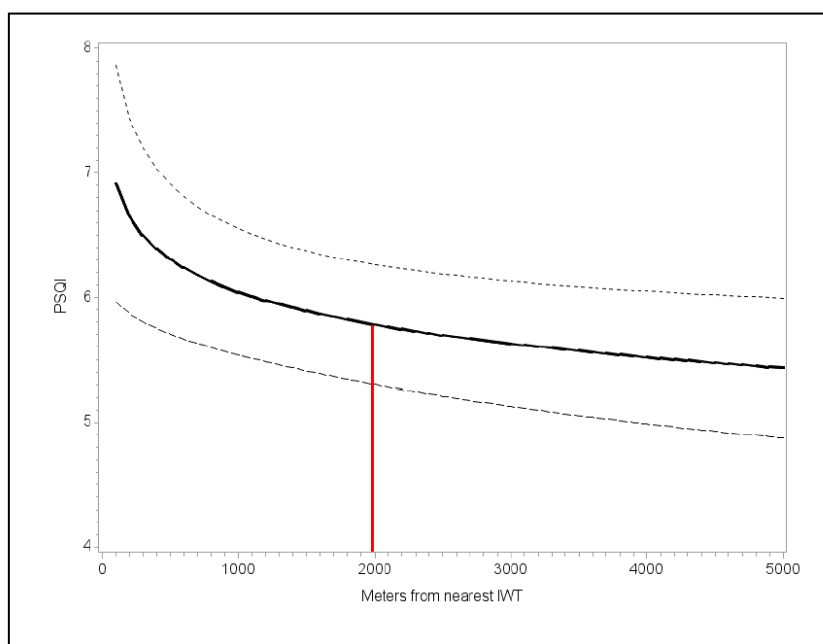
### 5.1 Untersuchung Waterloo, Canada, 2014

Durch eine Arbeit von **Claire Paller**, University of Waterloo, Canada, 2014, ist belegt, dass es einen eindeutigen Zusammenhang zwischen gesundheitlicher Beeinträchtigung und Entfernung zur Windkraftanlage gibt [18]. Schlafqualität (Pittsburgh Sleep Quality Index, [PSQI](#)), Schwindel (Vertigo) und Tinnitus (Ohrensausen) verschlechtern sich mit der Nähe zur Windkraftanlage.

In die Untersuchung wurden 396 Personen einbezogen. Clair Paller hat beispielsweise Aussagen über die Schlafqualität (PSQI) bewertet. Dabei werden verschiedene Einzelheiten erfasst. Wobei PSQI kleiner 5 einen guten Schläfer kennzeichnet, steigende Werte einen schlechteren Schlaf bedeuten. Die Auswertung ergab Folgendes:

Es besteht ein statistischer Zusammenhang zwischen der Schlafqualität (PSQI) und der Entfernung zur nächsten Windkraftanlage. Die Schlafqualität verschlechtert sich, je näher die Person an der WKA wohnt, d. h. je kleiner die Entfernung (in Metern) ist; dabei ergibt sich eine Kurve von dem Typ, wie sie in Bild 11 wiedergegeben ist.

Die obige Aussage ist mit einer statistischen Irrtums-Wahrscheinlichkeit von nur  $P=0,01$  (Signifikanzniveau) behaftet. Dies gibt die ausreichend gute Datenlage her.



Die Werte aus der Untersuchung liegen meist nicht genau auf der Regressions-Kurve (schwarze Kurve in Bild 11). Sie streuen statistisch um diese Kurve und liegen mit 95% Wahrscheinlichkeit im abgebildeten Konfidenzintervall (Bereich zwischen den beiden gestrichelten Kurven).

Bild 11: Zusammenhang zwischen Schlafqualität und Abstand zur Windkraftanlage

Die statistische Auswertung belegt, dass die Windräder einen eindeutigen Einfluss auf die Schlafqualität haben. Je näher die Personen an den Windrädern wohnen, umso schlechter ist die Schlafqualität. Da die Schlafqualität einen wesentlichen Einfluss auf die Gesundheit des Menschen hat, ist auf einen angemessenen Abstand der Windräder zu achten. Als angemessen könnte man hier etwa 2.000 Meter annehmen.

Was hier am Beispiel von Schlafqualität gezeigt wird, wird in der Studie auch für Schwindel und Tinnitus untersucht, mit ähnlichem Ergebnis.

Fazit ist: Die in den Erlassen in Schleswig-Holstein festgelegten Abstände zu Einzelhäusern von 400 Meter und zur Wohnbebauung von 800 Metern sind bei weitem zu gering. Ferner stellt sich die Frage, ob es rechtlich und moralisch haltbar ist, dass ein Unterschied zwischen Wohnbebauung und Einzelhäusern gemacht wird.

## 5.2 Untersuchung Cape Bridgewater Wind Farm, Australien, 2014

In Australien, CAPE BRIDGEWATER WIND FARM, wurde durch **Steven Cooper** ebenfalls ein eindeutiger Zusammenhang zwischen Windkraftanlagen und gesundheitlichen Beschwerden hergestellt [19]. Auch in Bild 12 sind die charakteristischen Frequenz-Spitzen im tieffrequenten Bereich zu sehen, wie oben in Bild 8. Das Besondere an dieser Untersuchung ist, dass der Windkraftbetreiber voll kooperierte und die Anlagen an- und abgestellt hat. Die Bewohner protokollierten alle 2 Stunden den Zeitpunkt und ihre Beschwerde-Lage. Sie wussten nicht, wann der Betrieb der Windkraftanlagen zu Frequenzspitzen führte und wann nicht.

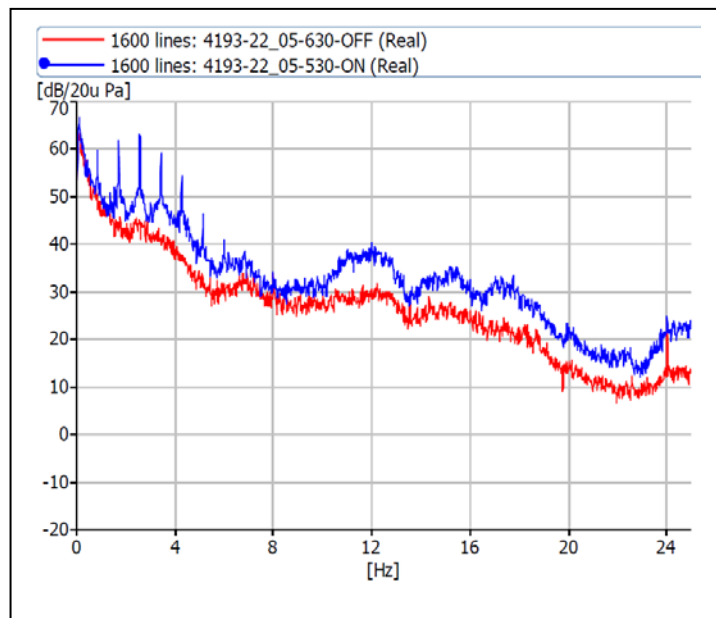


Bild 12: Charakteristische Frequenzspitzen  
Cape Bridgewater Wind Farm, Australien

Diese Frequenz-Spitzen besitzen mal einen hohen Schalldruckpegel (in dB) und mal einen niedrigen. Das hängt von der momentanen Leistung der Windkraftanlage und ihrer zeitlichen Änderung ab (abhängig von der Windgeschwindigkeit selbst und der Änderung).

Cooper entdeckte nun Folgendes:

Genau zu dem Zeitpunkt, zu dem die Frequenz-Spitzen einen hohen Schalldruck aufwiesen, traten bei den Bewohnern viele Beschwerden (sensations) auf. Bei niedrigen Schalldruckwerten traten wenig Beschwerden auf.

Nun besteht die Schwierigkeit, diese Erkenntnisse bildlich darzustellen. Cooper zeigt im nachfolgenden Bild 13 diesen Zusammenhang auf. Die Diagrammachsen (Frequenz und dB) sind von den Frequenzanalysen übernommen. Cooper bezieht in seine Analysen auch den Frequenzbereich um die 30 Hertz mit ein, weil dort ebenfalls charakteristisch hohe Spitzen vorkommen. Die Frequenzspektren sind allerdings nicht dargestellt, damit das Bild übersichtlich bleibt. Die roten und blauen Punkte zeigen die Häufung der Beschwerden in Abhängigkeit von diesen Frequenzspitzen.

Die roten Punkte bedeuten, viele Beschwerden (sensations) treten auf, wenn auch die Frequenzspitzen hoch sind. Weniger Beschwerden treten auf, wenn die Frequenzspitzen tief sind (blau Punkte). Cooper hat damit einen eindeutigen Zusammenhang zwischen Betrieb eines Windparks und Beschwerden der Anwohner herstellen können.

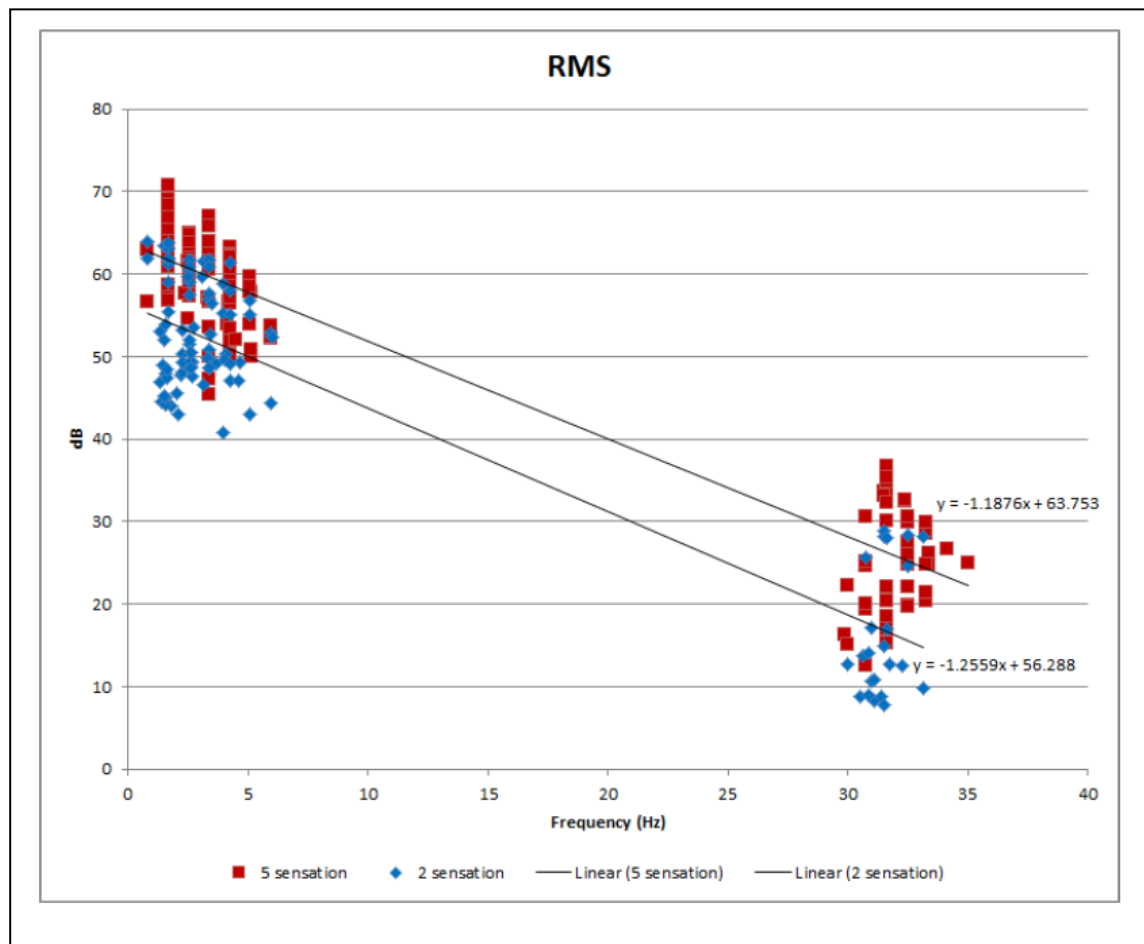


Bild 13: Abgleich Betrieb, Änderungen und Nicht-Betrieb bzw. hohe Frequenzspitzen und niedrige mit Häufigkeit der Beschwerden

Der Bericht von Cooper umfasst über 230 Seiten plus zahlreiche Anhänge. In dieser Kommentierung konnte daher nur ein Teil dargestellt werden. Dies ist aber ausreichend, um den wesentlichen Zusammenhang zwischen Betrieb von Windkraftanlagen und gesundheitlichen Beschwerden aufzuzeigen.

### **5.3 Wie wirkt Infra- und tieffrequenter Schall auf den menschlichen Körper?**

Wie der Infraschall konkret auf den Menschen wirkt, wird hier nicht ausführlich vertieft. Es soll lediglich auf die Veröffentlichungen von „Ärzte für Immissionsschutz“ und vergleichbare Foren [5 bis 8] sowie auf die dort aufgeführte Literatur hingewiesen werden.

Über alle Studien hinweg kann festgestellt werden, dass Windkraftanlagen Schall und Infraschall emittieren. Diese rhythmisch pulsierenden Signale können die für Infraschall extrem empfindlichen Sinneszellen im Innenohr und im Gleichgewichtsorgan beeinflussen. Es werden elektrische Signale ausgelöst, die sich ins Gehirn fortpflanzen, auch wenn die Person keinen Laut bewusst wahrnimmt. Diese Mechanismen, führen nach derzeitiger Kenntnis zu Schlafstörungen, zu erhöhter Adrenalinausschüttung, zu Stress, panischer Angst, hohem Blutdruck, Schwindel, Tinnitus usw. [5, 6, 11-13, 16, 17]

Ist der Körper dem Infra- und niederfrequentem Schall ausgesetzt, ist neben dem Pegel und der Dauer der Exposition entscheidend, ob tonale/schmalbandige Spitzen und spektrale Auffälligkeiten vorhanden sind. Wie schwer und wie wahrscheinlich die Symptome auftreten, hängt stark von diesen Frequenzspitzen ab [6].

Aufgrund der langen und andauernden Einwirkzeit kommt es über die empfindlichen Sinneszellen zu Sensibilisierung und Bahnung des Signalweges. Auch wenn die nach heutigen Gesetzen und heutigen Normen festgelegte Wahrnehmungsschwelle unterschritten ist, können auch unterhalb jeder Wahrnehmungsschwelle die möglichen pathophysiologischen Mechanismen zu subliminalen (unterschwellig) Störungen und damit zu gesundheitlichen Auswirkungen führen [24].

Es spielt hierbei keine Rolle, ob nur 10 % oder 30% der Bewohner, die im Umkreis von 2 bis 3 km einer Windkraftanlage wohnen, betroffen sind. Ausschlaggebend ist, dass es Menschen sind, die bewusst und vorsätzlich krank gemacht werden.

Aus den letzten Studien aus Canada, USA, Australien und aus den in Europa inzwischen bekannten Untersuchungen kann man eindeutig ableiten, dass von Windkraftanlagen gesundheitliche Gefahren ausgehen, wenn angemessene Entfernungen unterschritten sind. Die Mindestabstände in Deutschland (von Bayern abgesehen) sind wesentlich zu gering, um Risiken auszuschließen. Auch wenn die 10 H Regel die Risiken nicht vollständig ausschließen kann, ist es doch ein Kompromiss, der einerseits die Fürsorgepflicht des Staates gegenüber den Menschen ernst nimmt, andererseits den Bau von Windkraftanlagen planbar macht.

## 6 Was ist zu tun?

Wir brauchen eine ergebnisoffene Diskussion. Wenn wir in Deutschland, in Europa, in der Welt etwas für das Klima erreichen wollen, müssen wir die effizientesten Werkzeuge dafür einsetzen.

Der Emissionshandel mag ein solches Werkzeug sein [9]. Im Vergleich zu 1990 ist in Europa das Niveau der jährlichen CO<sub>2</sub>-Emissionen über alle Emittenten rund eine Milliarde Tonne geringer geworden. Der Beitrag der Windkraftanlagen ist dabei allerdings Null. In den letzten Tagen hat man sich auf [europäischer Ebene](#) auf eine weitere Senkung der CO<sub>2</sub>-Emissionen geeinigt. Dies führt dazu, dass bis 2020 weitere 900 Mio. Tonnen weniger CO<sub>2</sub> ausgestoßen werden.

Wenn wir die anderen Emissionen (NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, Staub usw.) der konventionellen Energieerzeugungsanlagen verringern wollen, müssen wir dort gezielt vorgehen und Anreize für die „beste verfügbare Technik“ (best available techniques, BAT) schaffen. Siehe auch [Best Available Techniques Reference Documents \(BREFs\)](#). Windräder leisten dazu keinen Beitrag [9].

Bezüglich Windkraft brauchen wir ein Moratorium. Weiter ideologisch getrieben Windräder aufzustellen, hilft weder dem Klima noch der Energiewende. Die gezahlten und noch zu zahlenden Subventionen sind besser in der dringend benötigten Forschung untergebracht. Keine noch so hohe Subvention der alten Wälscheibentechnologie hätte zum Durchbruch einer neuen Technik auf dem IT- und Telekommunikationsmarkt geführt.

Wir brauchen angemessene Abstände zwischen Windrad und Wohnhaus, um die Gesundheit der Landbevölkerung und der Menschen in Randgemeinden zu schützen. Wir brauchen die Solidarität der Städte.

„Solange differenzierte Schutzmaßstäbe nicht verfügbar sind, können nur ausreichende Sicherheitsabstände in Kombination mit geeigneten Abschaltalgorithmen für besondere meteorologische und geomorphologische Bedingungen für den notwendigen Gesundheitsschutz der Bevölkerung sorgen; oder ein Ausbaustop für Windenergie nach dem Vorbild Dänemarks bis zur wirklichen Faktenklärung.“ [16; 24]

Die 10 H Regel liefert einen Anhaltswert.

Mindestabstände für Windkraftanlagen zu Wohngebäuden  
ist gleich  
Gesamthöhe der Windkraftanlage mal 10

## Literaturhinweise

Für interessierte Leser und Leserinnen einige Literaturhinweise und Verweise ins Internet.

### Normen

- DIN 9613-2 Akustik - Dämpfung des Schalls bei der Ausbreitung im Freien - Teil 2: Allgemeines Berechnungsverfahren
- DIN 45401, Akustik, Elektroakustik; Normfrequenzen für Messungen (zurückgezogen)
- DIN 45651, Oktavfilter für elektroakustische Messungen (zurückgezogen)
- DIN EN 61260: 2003-03; Elektroakustik - Bandfilter für Oktaven und Bruchteile von Oktaven
- DIN EN 61400-11 „Windenergieanlagen, Teil 11: Schallmessverfahren“, Februar 200

### Fundstellen

- [1] HAMMERL, C. U. J. FICHTNER (2000): "Langzeit-Geräuschimmissionsmessung an der 1-MW-Windenergieanlage Norde N54 in Wiggensbach bei Kempten (Bayern)". Bayerisches Landesamt für Umweltschutz, Januar 2000
- [2] Lars Ceranna, Gernot Hartmann & Manfred Henger;  
Der unhörbare Lärm von Windkraftanlagen - Infraschallmessungen an einem Windrad nördlich von Hannover, Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR), Referat B3.11, Seismologie, 2004
- [3] G.P. van den Berg; The sound of high winds: the effect of atmospheric stability on wind turbine sound and microphone noise, RIJKSUNIVERSITEIT GRONINGEN, 2006
- [4] R.-A- Dietrich; Ist die DIN ISO 9613-2 zur Durchführung einer Schallprognose für Windenergieanlagen geeignet?  
<http://www.rudolf-adolf-dietrich.de/IN007/B-06.pdf>
- [5] Ärzteforum Emissionsschutz Unabhängiger Arbeitskreis Erneuerbare Energien - Bad Orb  
Gefährdung der Gesundheit durch Windkraftanlagen (WKA), Okt. 2013
- [6] Ärzte für Immissionsschutz, <http://www.aefis.de/>
- [7] Vorträge zu Schallemissionen von Windkraftanlagen  
Dr. med. Johannes Mayer <https://www.youtube.com/watch?v=V5ZkfXbXmzo>  
Dr. med. Holger Repp <https://www.youtube.com/watch?v=YsqeM0913Ws>  
Dr. Eckard Kuck <https://www.youtube.com/watch?v=9MJOFxxiuJg>
- [8] Studiensammlung zum Thema Infraschall und tieffrequenter Lärm  
<http://www.windwahn.de/index.php/wissen/hintergrundwissen/studien-sammlung-zum-thema-infraschall-und-tieffrequenter-laerm>
- [9] Das Zusammenspiel Emissionshandel, EEG, Stromerzeugung und CO2-Einsparung  
<http://www.vernunftkraft.de/de/wp-content/uploads/2014/09/Vortrag-Gerhard-Artinger.pdf>
- [10] LUBW: Tieffrequente Geräusche und Infraschall von Windkraftanlagen und anderen Quellen.  
Zwischenbericht über Ergebnisse des Messprojektes 2013-2014



- [11] Håkan Enbom; MD, PhD, HNO-Facharzt, Otoneurologe , Spezialist für Erkrankungen des Gleichgewichtsorgans  
Inga Malcus Enbom; HNO-Facharzt , Allergologin und Spezialistin für Überempfindlichkeitsreaktionen; beide HNO-Klinik Ängelholm, Schweden  
Infraschall von Windenergieanlagen– ein ignoriertes Gesundheitsrisiko  
Deutsche Übersetzung entnommen von  
<http://www.windwahn.de/index.php/krankheit-56/infraschall/schwedische-studie-ueber-infraschall>  
Originaltext im Schwedischen Ärzteblatt vom 06.August 2013:  
<http://www.lakartidningen.se/Opinion/Debatt/2013/08/Infrajud-fran-vindkraftverk---en-halsorisk/>
- [12] A. N. Salt, J.T. Lichtenhan; „Perception-based protection from low- frequency sound may not be enough“, InterNoise 2012. <http://oto2.wustl.edu/cochlea/>
- [13] A. N. Salt, J.T. Lichtenhan; “How does wind turbine noise affect people?” 2014  
<http://waubrafoundation.org.au/resources/salt-n-lichtenhan-j-t-how-does-wind-turbine-noise-affect-people/>  
<http://waubrafoundation.org.au/wp-content/uploads/2014/04/Salt-Lichtenhan-How-Does-Wind-Turbine-Noise-Affect-People.pdf>
- [14] Detlef Krahe, Dirk Schreckenberg, Fabian Ebner, Christian Eulitz, Ulrich Möhler;  
Machbarkeitsstudie zu Wirkungen von Infraschall, Entwicklung von Untersuchungsdesigns für die Ermittlung der Auswirkungen von Infraschall auf den Menschen durch unterschiedliche Quellen, UBA Texte 40/2014,  
<http://www.umweltbundesamt.de/publikationen/machbarkeitsstudie-zu-wirkungen-von-infraschall>
- [15] ÄRZTEFORUM EMISSIONSSCHUTZ Bad Orb; Machbarkeitsstudie des Umweltbundesamtes zu den Wirkungen von Infraschall 2014; – Eine Auswahl der wichtigsten Zitate mit zusammenfassender Wertung – 20.12.2014
- [16] ÄRZTEFORUM EMISSIONSSCHUTZ Bad Orb; Windenergie und Abstandsregelungen, Abstand von Windenergie – eine wissenschaftsbasierte Empfehlung, Bad Orb, 15.12.2014
- [17] Kugler K, Wiegrebe L, Grothe B, Kössl M, Gürkov R, Krause E, Drexl M.; Low-frequency sound affects active micromechanics in the human inner ear, 18. August 2014  
<http://rsos.royalsocietypublishing.org/>
- [18] Claire Paller; Exploring the Association between Proximity to Industrial Wind Turbines and Self-Reported Health Outcomes in Ontario, Canada, Master thesis, University of Waterloo, Ontario, Canada, 2014
- [19] Steven Cooper; THE RESULTS OF AN ACOUSTIC TESTING PROGRAM CAPE BRIDGEWATER WIND FARM  
44.5100.R7:MSC; Prepared for: Energy Pacific (Vic) Pty Ltd, Level 11, 474 Flinders Street, MELBOURNE VIC 3000, Date: 26th Nov, 2014  
<http://www.pacifichydro.com.au/files/2015/01/Cape-Bridgewater-Acoustic-Report.pdf> oder  
<https://www.wind-watch.org/documents/results-of-an-acoustic-testing-program-cape-bridgewater-wind-farm/>
- [20] Michael Bahtiarian, Allan Beaudry; Infrasound Measurements of Falmouth Wind Turbines Wind #1 and Wind #2, February 27, 2015,  
Prepared by: NOISE CONTROL ENGINEERING, LLC 799 Middlesex Turnpike, Billerica, MA 01821
- [21] M.A.Swinbanks; MAS Research Ltd, 8 Pentlands Court, Cambridge CB4 1JN, Direct Experience of Low Frequency Noise and Infrasound within a Windfarm Community.  
6th International Meeting on Wind Turbine Noise, Glasgow 20-23 April 2015

- [22] Bundesverband für Windenergie (BWE), Hintergrundpapier Infraschall, März 2015:  
<https://www.wind-energie.de/sites/default/files/attachments/page/infraschall/20150312-hintergrundpapier-infraschall-windenergieanlagen.pdf>
- [23] Land Hessen, Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Landesentwicklung (HMWEVL); Bürgerforum Energieland Hessen: Faktenpapier Windenergie und Infraschall (Entwurf, Feb. 2015), [http://www.energieland.hessen.de/faktenpapier\\_infraschall](http://www.energieland.hessen.de/faktenpapier_infraschall)
- [24] Kommentar der Ärzte für Immissionsschutz und des Ärzteforum Emissionsschutz Bad Orb zum Entwurf des „Faktenpapier Windenergie und Infraschall“ herausgegeben durch die Hessen Agentur GmbH im Auftrag des hessischen Wirtschaftsministeriums [19], Bad Orb, 17. April 2015