

Infraschall aus WEA - ein ernstes Gesundheitsrisiko

Prof. Dr. Werner Roos

Pharmazeutischer Biologe / <https://forschung-sachsen-anhalt.de/pl/roos-59018>

Titisee-Neustadt

Mit dem Ausbau der Windenergie werden große Landschaftsbereiche mit Industrieanlagen bisher unbekannter Dimension überformt. Neben den unübersehbaren Folgen für Landschaft, Landschaftserleben und Artenvielfalt werden die Anwohner zunehmend mit dem Gesundheitsrisiko durch Schallemissionen konfrontiert. Die größte Gefahr geht von nicht hörbaren Infraschall-Pulsen aus.

1. Welchen Schall emittieren Windenergie-anlagen (WEA) ?

1.1. Hörbarer Schall (> 16 Hz)

entsteht beim Durchschneiden der Luft durch die Rotorflügel (bei aktuellen Anlagen erreichen die Rotorspitzen über 300 km/h) und als Maschinengeräusch der Turbine. Dieser wird als Lärm wahrgenommen und kann bei längerer Einwirkung bekannte Stresswirkungen auslösen, vor allem Schlafstörungen, Bluthochdruck, Gehörschäden und Herz-Kreislauf-Probleme. Vor diesen Gefahren sollen in Deutschland die Vorschriften der **TA Lärm** schützen (1). Diese legen Obergrenzen für Wohngebiete von 50 dB (tags) und 35 dB (nachts) fest.

Die jüngste Lärm-Empfehlung der **WHO** (2) ist mit diesen Werten nicht direkt vergleichbar: innerhalb von 24 h soll ein Mittelwert von 45 dB nicht überschritten werden, wobei Abend- und Nachtstunden höher gewichtet sind. Diese Empfehlung erhielt jedoch wegen unzureichender Studien-Daten keine hohe Dringlichkeit.

Die Einhaltung der Grenzwerte für Hörschall kann meist keine gesundheitlich vertretbaren Sicherheitsabstände begründen, weil der nicht hörbare Schall deutlich weiter reicht und kaum geringere Gesundheitsprobleme verursacht. Der wahrnehmbare Lärm kann durch technische Maßnahmen reduziert werden, etwa durch eine optimale Einstellung der Turbine und der Rotorflügel. Er ist dämmbar, d.h. er wird wie bekannt durch natürliche Hindernisse und bauliche Maßnahmen (Fenster, Mauer, Dach etc.) verringert.

1.2. Infraschall (< 16 Hz)

Infraschall ist eine unhörbare Emission von WEA, deren Gefahrenpotential oft unterschätzt wird. Wenn ein Rotorflügel den Mast passiert (etwa 1 mal pro Sekunde), entsteht durch Kompression der Luft ein Druckstoß. Der Betrieb dieser WEA erzeugt deshalb periodische Pulse des Luftdrucks mit einer Grundfrequenz von etwa 1 Hz. Hinzu kommen Oberschwingungen (von Akustikern als "Flügelharmonische" bezeichnet), deren Maxima vorwiegend im Bereich bis etwa 6 Hz auftreten (Abb. 1, Abb. 2). Diese Emissionen gehören zum Frequenzbereich des Infraschalls, der unterhalb von 16 Hz liegt. Die entsprechenden Wellenlängen reichen von ca. 50 m bis über 300 m. Infraschall wird von Menschen nicht gehört und daher zunächst nicht als Gefahr bewertet. Er gelangt jedoch unabhängig vom Hörvorgang ins Gehirn und beeinflusst dort unbewußte Gehirnfunktionen (s.u.). Erst bei extremen Schalldrücken

von über 100 dB wird Infraschall direkt wahrnehmbar, etwa als Vibration auf der Haut; stärkere Intensitäten erreichen bald die menschliche Schmerzgrenze. Wegen der großen Wellenlängen ist Infraschall praktisch nicht durch Bauwerke oder Schallschutz-Maßnahmen dämmbar.

Gegenwärtig gibt es keine gesetzlichen Vorschriften, die vor Infraschall aus WEA schützen, da der Geltungsbereich der TA Lärm bei 8 Hz endet (1).

2. Reichweite von Infraschall aus WEA

Infraschall hat in Luft eine weitaus größere Reichweite als Hörschall. Mitarbeiter der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) haben z.B. die Emission von WEA mit einer nominellen Leistung von 1,5 MW und 5 MW noch in mehr als 10 km sicher erfasst (3, Abb. 3). Wesentlich ist, dass in der aus medizinischer Sicht kritischen Entfernung von ca. 2 km Schalldrucke von über 70 dB auftreten. Im hörbaren Bereich entspricht das starkem Verkehrslärm.

Infraschall wird nicht nur durch Luft, sondern auch im Untergrund über große Entfernungen transportiert. Infraschall-Signale in der Erdkruste werden seit langem zur Erdbeben-Warnung sowie zur Kontrolle von Kernexplosionen lt. Kernwaffen-Sperrvertrag gemessen. Für die seismischen Messstationen gilt ein Mindestabstand zu WEA von 10 km. In weit entfernten Gebäuden treten Infraschall-Wellen, etwa aus WEA, oft als "Körperschall" auf. Dies bezeichnet Vibrationen des Baukörpers, die luftgeleiteten Infraschall verstärken können. In Kombination mit gleichzeitig einwirkendem Körperschall kann luftgeleiteter Infraschall in Gebäuden schon bei geringer Intensität gesundheitliche Beeinträchtigungen auslösen. Dies ist auch aus der Luft- und Raumfahrt bekannt.

3. Infraschall als Gesundheitsrisiko

Infraschall, d.h. alle Schallereignisse im Frequenzbereich unter 16 Hz, ist generell ein normaler Bestandteil unserer Umwelt und wird oft zusammen mit niederfrequentem Hörschall emittiert. Natürliche Quellen sind z.B. die Meeresbrandung und der Wind in einer Gras- oder Waldlandschaft. Sie erzeugen ein niederfrequentes Rauschen, das im Gehirn offenbar nicht als Stress bewertet wird. Die technische Zivilisation hat zahlreiche Infraschall-Generatoren geschaffen, etwa durch den Straßenverkehr, Flugzeugtriebwerke, große Industriemaschinen, vibrierende Haushaltstechnik etc. Deren Emission kann bei hohem Puls-Anteil und längerer Einwirkung durchaus eine Gesundheitsgefahr begründen.

Der Infraschall aus WEA unterscheidet sich von anderen Quellen, da er wie oben erklärt in Form rhythmischer Pulse im Frequenzbereich von ca. 0,5 bis 6 Hz auftritt (Abb. 1, Abb.2). Dieser gepulste Infraschall löst bei empfindlichen Menschen erhebliche Gesundheitsstörungen aus, weit unterhalb einer Hör- oder Wahrnehmungsschwelle.

Die primäre Wirkung (meist beschrieben nach mehrtägiger Exposition) besteht in Schlafstörungen, verminderter Atemfrequenz, Angst- und Schwindelanfällen, begleitet von Änderungen der Gehirnströme im EEG (4 - 6). Bei anhaltender

Einwirkung (Wochen) entsteht im Gehirn eine permanente Alarmsituation, die als Anstieg des Stresshormons Cortisol nachgewiesen werden kann. Sie führt zu psychischer Labilität, verminderter Sauerstoffversorgung und Anpassungsfähigkeit des Herzens, Blutdruckanstieg und erhöhtem Risiko von Herzinfarkten. Infrasschall-ausgelöste Gesundheitsstörungen wurden von Ärzten aus verschiedenen Ländern und Standorten erhoben und sind durch eine Vielzahl von Betroffenen belegt (4 - 9). Ca. 15 % - 30 % der exponierten Personen gelten als gefährdet; es ist noch unklar, ob bei längerer Einwirkung mit weiteren Betroffenen zu rechnen ist. (Zum Vergleich: die Häufigkeit von Diabetes liegt unter 10 % und von Demenzerkrankungen bei ca. 7 % der deutschen Gesamtbevölkerung.)

4. Was verändert Infrasschall in unserem Gehirn?

Der Weg des Hörschalls in unser Gehirn ist seit langem bekannt. Im Innenohr erreicht er die Hörschnecke (Cochlea), wo er in bestimmten Abschnitten eine Reizung der inneren Haarzellen auslöst. Diese Information wird über den Hörnerv in den auditiven Cortex der Hirnrinde - das Hörzentrum - geleitet und damit zum Inhalt unseres Bewusstseins.

Wirkungen von Infrasschall im menschlichen Gehirn wurden erst in den letzten Jahren eingehend erforscht. Untersuchungen an Versuchstieren und Befunde an exponierten Personen sprechen dafür, dass Infrasschall nicht die inneren, sondern die äußeren Haarzellen in der Cochlea stimuliert. Diese lösen selbst keine bewusste Wahrnehmung im Gehirn aus, erhöhen jedoch die Empfindlichkeit für gleichzeitig vorhandenen Hörschall, etwa sehr leise Geräusche. Vor allem versetzt Infrasschall größere Gehirnbereiche in Schwingungen. Dies führt u.a. zur Stimulierung des Gleichgewichtsorgans und erklärt die bekannten Ähnlichkeiten mit der Seekrankheit.

Ein wesentlicher Fortschritt bei der Suche nach Infrasschall-aktivierten Regionen des Gehirns gelang 2017 Wissenschaftlern aus der Charité Berlin, dem Eppendorf-Klinikum Hamburg und der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt Braunschweig (13, Abb. 4). 14 Versuchspersonen reagierten auf Infrasschall-Signale von nicht hörbarer Intensität mit der Aktivierung von drei Gehirnregionen. Diese liegen a) in der Nähe des Hörzentrums, was die o.g. Beeinflussung von Höreindrücken erklärt, b) in der ACC-Region, in welcher Reaktionen der Konfliktbewältigung und der autonomen Kontrolle (z.B. von Blutdruck und Herzfrequenz) stattfinden, und c) in der Amygdala-Region, die für die Verarbeitung von Emotionen, Angst und Fluchtreflexen bekannt ist. Die Aktivierung aller drei Regionen verschwand, wenn die Signalstärke die Hörschwelle überschritt, also der Testperson bewußt wurde. Diese Daten bestätigen, dass die Wahrnehmung von Infrasschall außerhalb des Bewußtseins erfolgt und im Gehirn andere Wege nimmt als hörbare Signale. Damit wird auch das Fehlen eines Gewöhnungs-Effekts (Desensibilisierung) verständlich.

Die bekannten Funktionen der durch Infrasschall aktivierten Gehirnregionen (Abb. 4) erklären die medizinisch festgestellte Stress-Situation von Infrasschall-Geschädigten: die erwähnten Wirkungen auf Blutdruck, Herzfrequenz und Atmung, die Entstehung

von Schlafstörungen und der Anstieg des Stress-Hormons Cortisol werden bestätigt, ihre Beteiligung an den durch WEA ausgelösten Erkrankungen wird unterstrichen.

5. Infraschall-Wirkungen auf Zellen des Herzmuskels

Seit einiger Zeit wird vermutet, dass Infraschall-Wellen auch die Funktion von Muskelzellen negativ beeinflussen können. Wissenschaftler der Universitätsmedizin Mainz haben dafür einen ersten experimentellen Beleg erbracht. Isolierte Zellen des menschlichen Herzmuskels wurden so präpariert, dass ihre Kontraktion unter dem Mikroskop gemessen werden konnte. Nach Einwirkung von Infraschall verringerte sich die Kontraktionskraft um bis zu 20 %. Auch wenn diese Labormessungen (noch) nicht mit voll funktionstüchtigen Zellen durchgeführt wurden, ist die Störung der Leistung des Herzmuskels durch Infraschall grundsätzlich erkennbar (14).

6. Infraschall und Energiepolitik - Gesundheitsrisiko und Behörden

Die medizinischen Befunde und die wissenschaftliche Arbeiten der letzten Jahre belegen in der Gesamtschau ein konkretes Gesundheitsrisiko durch Infraschall aus WEA. Auf Grund von Artikel 2 unserer Verfassung müssen Bürger vor dieser Emission ausreichend geschützt werden. Dies ist seit langem der Standpunkt unabhängiger Ärzte und Ärztevereinigungen. Bekannte Publikationen deutscher Ärzte stammen z.B. vom Ärzteforum Emissionsschutz aus Bad Orb, der Ärztekammer Niedersachsen (AEFIS) und zahlreichen Praxis-Ärzten (10, 11, 12). Vor den Gesundheitsgefahren durch Infraschall aus WEA schützt nur ein ausreichender Abstand. Es ist z.B. belegt, dass die Häufigkeit von Schlafstörungen und Schwindel-Anfällen mit zunehmendem Abstand zur nächstgelegenen WEA absinkt (9, Abb.5).

Die Ärzte fordern zum Schutz exponierter Menschen einen Mindestabstand von WEA zu Wohnhäusern in der 10 fachen Anlagenhöhe, bei Gesundheitseinrichtungen in 15 facher Anlagenhöhe. Diese sogenannte 10xH - Regel wird in Bayern angewandt und gilt seit 2015 auch in Polen. In Großbritannien sind 3000 m, in den USA 2500 m Abstand vorgeschrieben, die bei heutigen Anlagen dem 10xH Abstand nahekommen. In den anderen Bundesländern lehnt die Landesregierung die 10xH Regel vehement ab; es existieren unterschiedliche Richtwerte für Wohngebiete (von etwa 600 m - 1000 m) und noch geringere Abstände für Anwohner im Außenbereich. Zur Begründung wird verbreitet, größere Abstände würden die Energiewende gefährden. Diese Haltung ist angesichts der unbestreitbaren Gesundheitsrisiken der WEA und ihrer fehlenden Effizienz nicht länger verantwortbar.

Die medizinische und naturwissenschaftliche Forschung wird in Zukunft weitere Details und offene Fragen zur biologischen Wirkung von Infraschall aufklären. Hierzu gehören z.B. die Ursachen für die individuell unterschiedliche Empfindlichkeit exponierter Personen. Unklar ist auch, ob die an Weidetieren in der Nähe von WEA beobachtete Neigung zu Früh- und Fehlgeburten eine Wirkung des Infraschalls dieser Anlagen ist und Schutzmassnahmen für Menschen erforderlich macht (16).

Von der Bundesregierung, Landesregierungen und der Windindustrie werden die Gesundheitsgefahren des Infraschalls aus WEA meist verharmlost oder ignoriert. Sie stützen sich dabei auf Landesuntersuchungsämter, deren Messungen hinter den

international führenden Einrichtungen, Techniken und Regularien zum Nachweis von Infraschall zurückbleiben. Ein Beispiel für die Versuche, unzureichende Messungen zur Beruhigung von bedrohten Bürgern zu benutzen, ist die Publikation des "Landesamtes für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg" (LUBW) vom Februar 2016 (15). Diese Studie kommt - wie ähnliche, regierungsnahe "Faktenpapiere" vor ihr (11) - zum Schluss, dass "bereits in 300 m Abstand der Infraschall aus einer WEA deutlich unter der Wahrnehmungsschwelle des Menschen liegt und in 700 m Abstand praktisch kein Infraschall" mehr nachweisbar ist. Diese Aussagen sind durch Arbeiten kompetenter Wissenschaftler widerlegt: in 10 facher Anlagenhöhe treten noch erhebliche Infraschalldrucke auf (Abb. 3), und es lassen sich Gehirnbereiche identifizieren, die durch Infraschall unterhalb der Hörschwelle aktiviert werden (Abb.4). Die ursächlichen Mängel der LUBW-Studie sind bei genauem Hinsehen leicht erkennbar. So wird z.B.

- der gepulste Infraschall der WEA nicht klar vom Infraschall der Umgebung getrennt,
- in den meisten Messungen der kritische Bereich unter 8 Hz ganz ausgefiltert,
- keine Messung in Gebäuden durchgeführt (dort ist Infraschall oft sogar stärker wirksam als im Freien, s.o.), und
- die Ausbreitung des Infraschalls über den Untergrund nicht sachgerecht gemessen.

Trotz dieser eklatanten Fehlleistungen dient die LUBW-Studie noch immer als eine offizielle Faktenbasis für Gerichte, Politiker und Windindustrie.

Angesichts der Tendenz zur Errichtung immer größerer Windenergieanlagen muß die Gesundheitsgefahr durch den von ihnen erzeugten Infraschall die nötige politische Aufmerksamkeit erfahren und das Verfassungsgut Gesundheit ausreichend geschützt werden. Schutzabstände für Anwohner, mindestens in 10 facher Anlagenhöhe, sind das einzig wirksame Mittel. Kompetente Ärzte stellen zu Recht fest, dass mit dem gegenwärtigen Ausbau der Windenergie Millionen von Menschen einem Feldversuch ausgesetzt werden, den keine Ethik-Kommission genehmigen würde.

Direkt Betroffene finden immer häufiger den Mut, ihre Gesundheitsschäden offen auszusprechen (z.B. auf <http://www.opfer.windwahn.de/>., oder in der ZDF-Mediathek: "Unerhörter Lärm" Planet-E Sendung vom 4.11.2018). Eine überhastete Energiewende, die derartige gesundheitliche Opfer in Kauf nimmt, kann auf Dauer nicht die notwendige Unterstützung der Bürger finden.

Titisee-Neustadt, Dezember 2018

Werner Roos

Referenzen

- 1) Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm – Sechste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (TA Lärm), GMBI 1998, Nr. 26, S. 503-516. Aktualisiert: 01.06.2017 (BAntz AT 08.06.2017 B5).
- 2) WHO (2018) Environmental Noise Guidelines for the European Region. ISBN 978 92 890 5356 3.
- 3) Ceranna L, Hartmann G, Henger M (2017) Der unhörbare Lärm von Windkraftanlagen – Infraschallmessungen an einem Windrad nördlich von Hannover. Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR), Referat B3.11, Seismologie. Dazu publiziert: Pilger Ch., Cerrana L. (2017) The influence of periodic wind turbine noise on infrasound array measurements. J Sound Vibration 388, 88–200.
- 4) Bartsch R., Die biologische Wirkung von luftgeleitetem Infraschall, Friedrich-Schiller-Universität Jena, 2007
- 5) Nissenbaum, M, Aramini, J, Hanning, D. (2012) Effects of industrial wind turbine noise on sleep and health". Noise and Health International Journal, September-October 2012.
- 6) Arra I, Lynn H, Barker K, et al. (2014) Association Between Wind Turbines and Human Distress. Cureus 6(5): e183. doi:10.7759/cureus.183
- 7) Basner, M, Babisch, W, Davis, A, Brink, M, Clark, C, Janssen, S, Stansfeld, S. (2014) Auditory and nonauditory effects of noise on health. Lancet 383: 1325– 32.
- 8) Cooper, S. (2014) The result of an acoustic testing program Cape Bridgewater Wind farm 44.5100.R7:MSC; Prepared for: Energy Pacific (Vic) Pty Ltd, MELBOURNE VIC 3000, <http://www.pacifichydro.com.au/files/2015/01/Cape-Bridgewater-Acoustic-Report.pdf>
- 9) Paller C (2014) Exploring the Association between Proximity to Industrial Wind Turbines and Self-Reported Health Outcomes in Ontario, Canada. MSc Thesis, University of Waterloo, Ontario, Canada.
- 10) Ärzteforum Emissionsschutz Bad Orb: Windenergie und Abstandsregelungen, Abstand von Windenergie – eine wissenschaftsbasierte Empfehlung, Bad Orb, 15.12.2014, <http://www.gegenwind-bad-orb.de/windkraft-fakten/gesundheitsgefahren/infraschall/>
- 11) 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
- 12) AEFIS: Ärzte für Immisionsschutz. Positionspapier zu Gesundheitsrisiken beim Ausbau der Erneuerbaren Energien. Ärztekammer Niedersachsen, 24.2.2015. (Inklusive Brief an MP Seehofer)<https://aefis.jimdo.com/downloads/>

13) Weichenberger M, Bauer M, Kühler R, Hensel J, Forlim CG, Ihlenfeld A, et al. (2017) Altered cortical and subcortical connectivity due to infrasound administered near the hearing threshold Evidence from fMRI. PLoS ONE 12(4): e0174420.

14) Vahl, C. F.; Ghazy, A.; Chaban, R. (2018) Are There Harmful Effects Caused by the Silent Noise of Infrasound Produced by Windparks? An Experimental Approach. Thorac cardiovasc Surg 2018; 66(S 01): S1-S110.

15) Tieffrequente Geräusche inkl. Infraschall von Windkraftanlagen und anderen Quellen (Februar 2016). Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg. <http://www4.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/257896/>

16) World Council for Nature (2014) Windfarms, vertebrates, and reproduction. Offener Brief an die Australische Medizinische Gesellschaft; <https://wcfm.org/2014/03/31/windfarms-vertebrates-and-reproduction/>, und dortige Referenzen.

Abbildungen

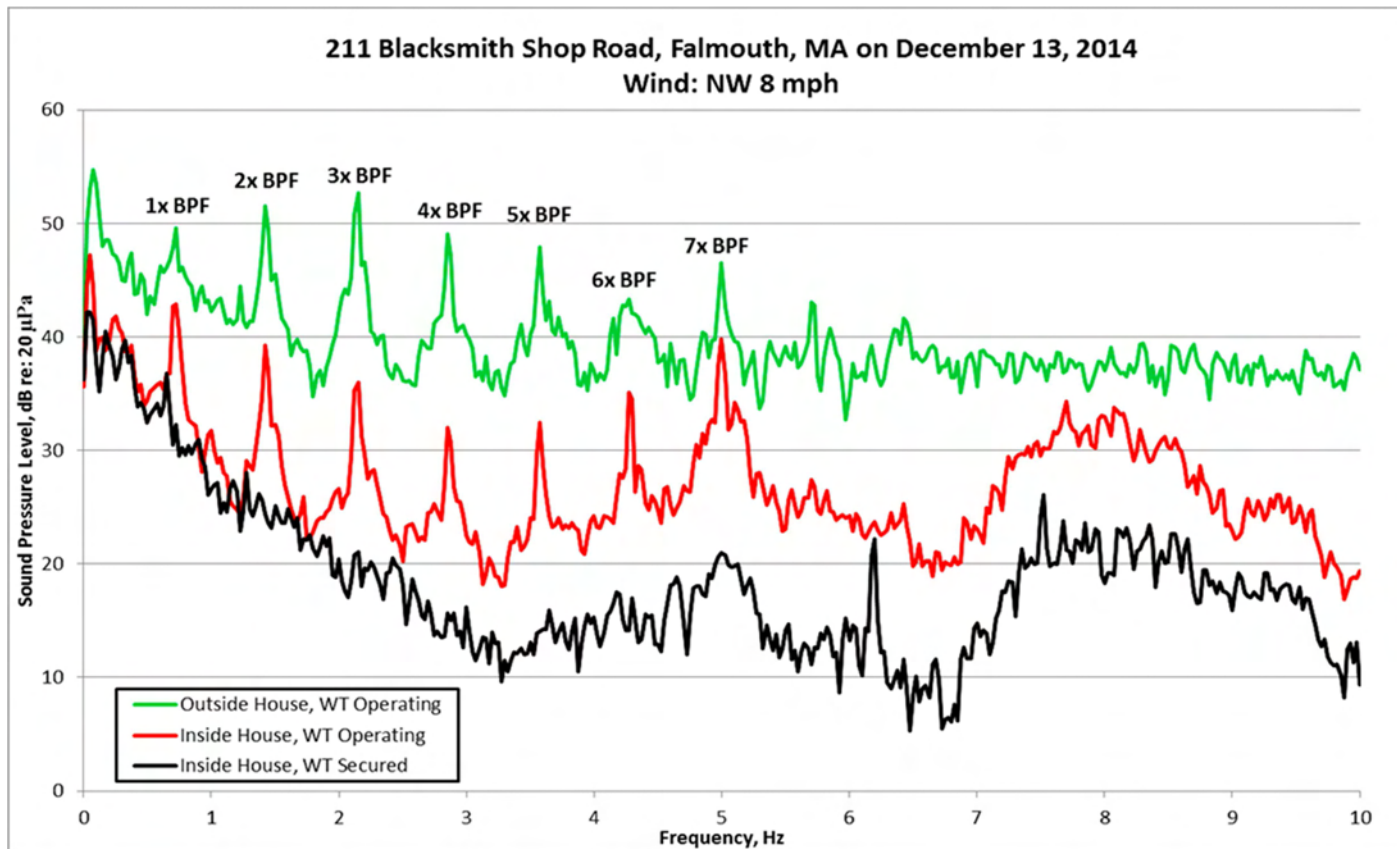


Abb.1: Frequenz-Peaks des Infraschalls aus 2 WEA, gemessen mit Mikrobarometer

Grüne Linie: außerhalb des Gebäudes. Grundfrequenz der Rotoren bei ca 0,7 Hz und sechs deutliche Peaks der Oberschwingungen bis ca 6 Hz (BPF: blade pass frequency).

Rote Linie: gleiche Messung im Haus. Die Gesamtintensität sinkt, da der Hörschall gedämpft wird, nicht aber die Infraschall-Peaks.

Schwarze Linie: Hintergrundrauschen bei ausgeschalteter Anlage.

Windanlagen: Fa. Vestas, 1,65 MW, Entfernung 421 m und 792 m.

Quelle: Firma NOISE CONTROL ENGINEERING, LLC, Billerica, MA 01821, USA: Infrasound Measurements of Falmouth Wind Turbines Wind #1 and Wind #2. Technical Memo 2015 004.

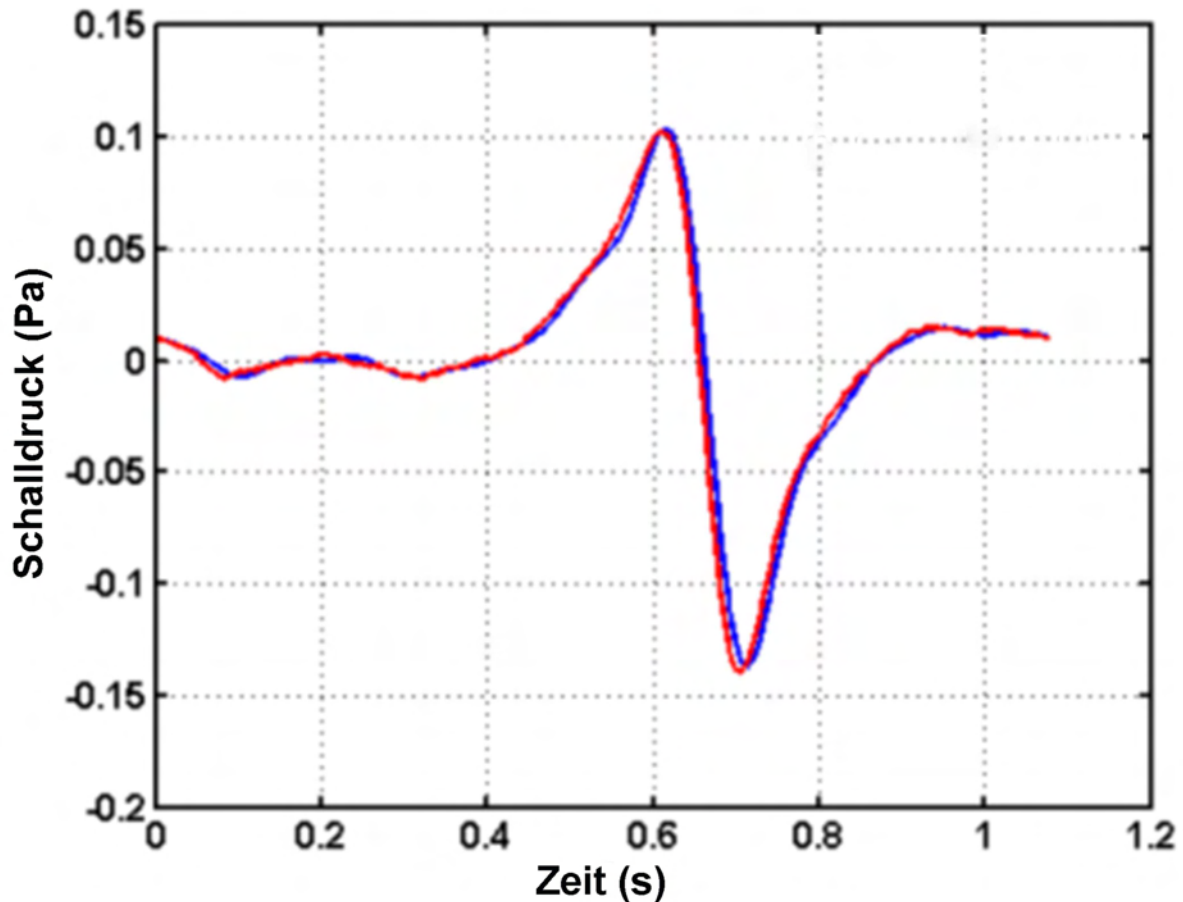


Abb. 2: Ein typischer Infraschall-Puls aus einer WEA

Infraschall-Pulse aus WEA schwanken mit Windgeschwindigkeit und Drehzahl und werden von Störgeräuschen überlagert. Zu ihrer Darstellung geht man deshalb vom Frequenzmuster der Anlage aus oder sucht den gemeinsamen Anteil in einer großen Zahl von Umlauf-Perioden.

Im Beispiel wurde der Schalldruck im Abstand von 420 m von einer WEA mit 1,5 MW Nominaleistung mit einem Mikrofon aufgezeichnet. Die Basisfrequenz beträgt etwa 0,9 Hz (die Passage eines Flügels am Mast benötigt also etwa 1,1 s).

Die Kurven visualisieren den Druckverlauf im Infraschall-Bereich während einer Flügel-Passage. **Blaue Linie:** Summe aus den Oberschwingungen der Anlage im Bereich bis 10 Hz, diese wurden aus dem Schall-Spektrum durch ein mathematisches Verfahren (Fourier-Transformation) extrahiert. **Rote Linie:** Mittelwerte durch kohärente Überlagerung des Druckverlaufs von ca. 4000 Passagen. Die schwankende Basisfrequenz der WEA wurden in beiden Fällen gemessen und korrigiert.

Die übereinstimmenden Zeitkurven belegen die starke Periodizität des emittierten Infraschalls.

Quelle: Vanderkooy, J., Mann, R.: Measuring Wind Turbine Coherent Infrasound. 6th International Conference on Wind Turbine Noise, Glasgow 2015.

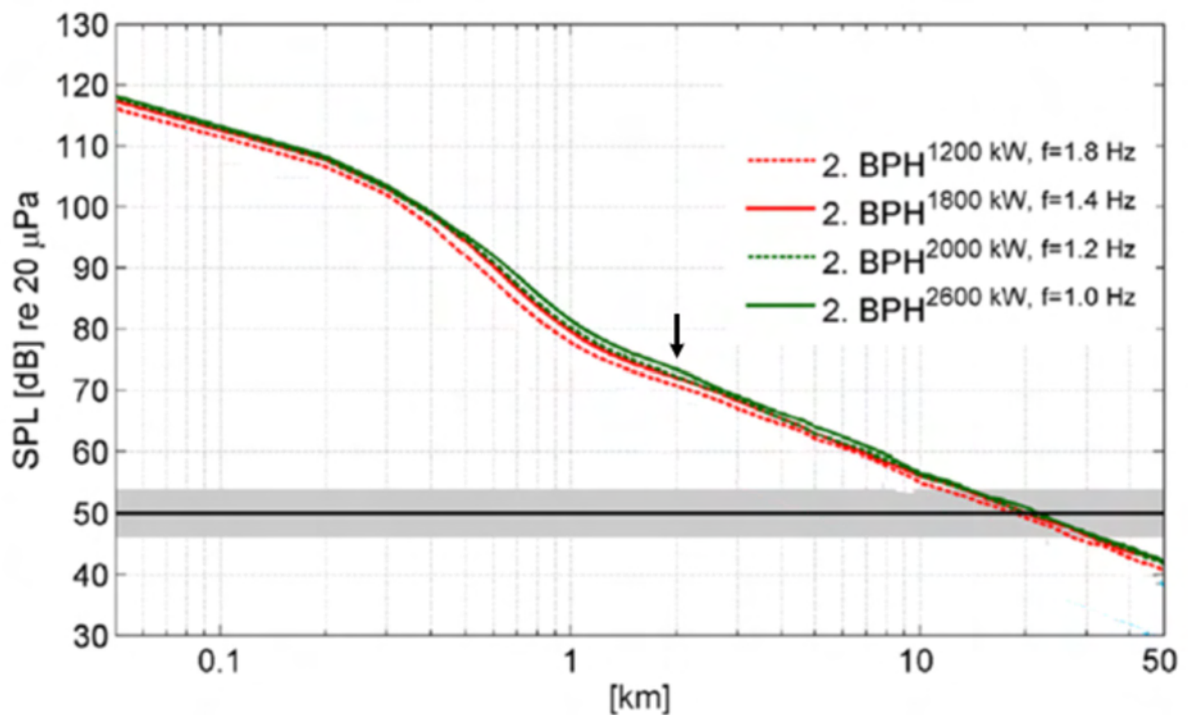


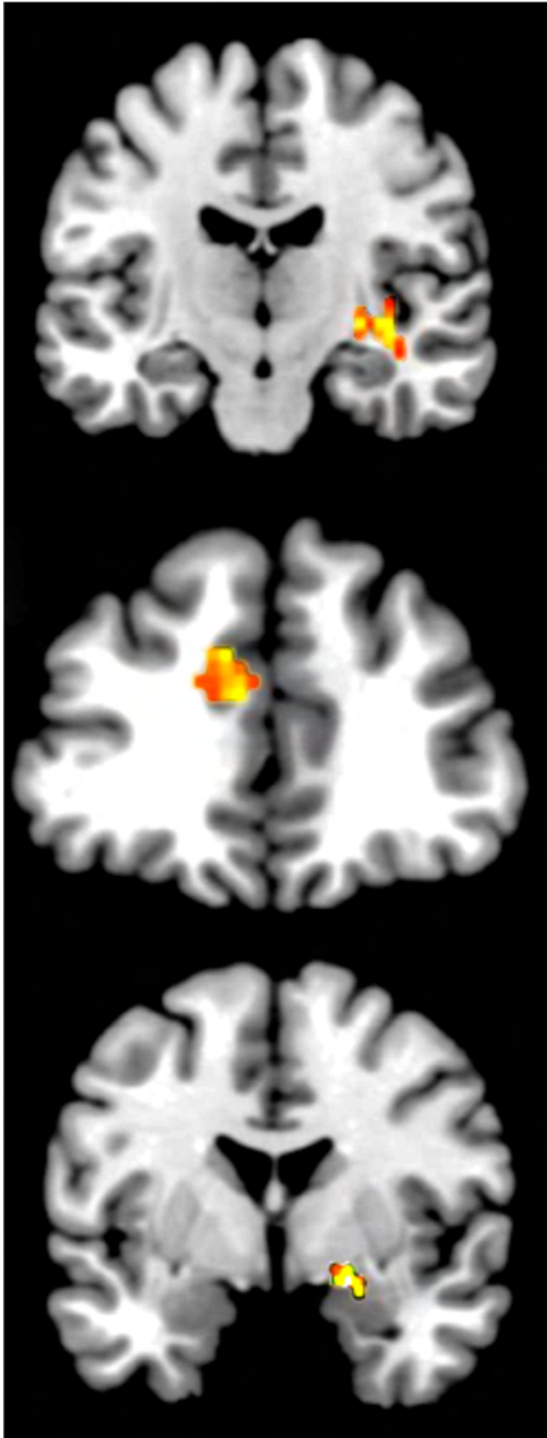
Abb. 3: Infraschall-Intensität in Abhängigkeit von der Entfernung zur WEA

Es ist die Intensität eines Infraschall-Peaks (2. Oberschwingung, Frequenz im Bild angegeben) bei steigendem Abstand von der WEA dargestellt. Die Messdaten wurden an WEA mit einer Nominaleistung von 1,2 MW und 1,8 MW (in rot) und 2 MW und 2,6 MW (in grün) erhalten.

SPL: Schalldruck in Dezibel. Graues Band: Hintergrundrauschen bei 1-3 Hz.

Es ist erkennbar, dass in mindestens 10 km Entfernung ein sicherer Nachweis erfolgte. In 2 km Entfernung (Pfeil) treten Schalldrucke nahe 75 Dezibel auf.

Quelle: Abb. 7 vereinfacht, aus: Pilger Ch., Cerrana L. (2017) The influence of periodic wind turbine noise on infrasound array measurements. J Sound Vibration 388, 88–200.



Rechter oberer Schläfenlappen:

neben der primären Hör-Rinde,
beteiligt an Stimmerkennung

Anteriores Cingulum (ACC):

autonome Kontrolle von
Herzfrequenz, Blutdruck,
Konfliktreaktionen

Rechte Amygdala:

emotionale Kontrolle von
Angstreaktionen, Abwehr äußerer Gefahr
Fluchtreflex

Abb. 4: Aktivierung bestimmter Gehirnbereiche durch Infraschall.

Mit einem bildgebenden Verfahren, der funktionellen Magnetresonanztomographie, wurden im Gehirn von Testpersonen drei Regionen gefunden, die nach Einwirkung von Infraschall (12 Hz, 200 Sekunden) unterhalb ihrer Hörschwelle eine Aktivierung zeigten. Diese sind in gelb/orange dargestellt und rechts benannt, zusammen mit ihren wesentlichen Funktionen. Die Aktivierung aller Bereiche verschwindet, wenn das Schallsignal für die Testperson hörbar wird. Vor dem Test wurde die individuelle Hörschwelle bestimmt.

Quelle: Weichenberger et al. (13), vereinfachte Darstellung.

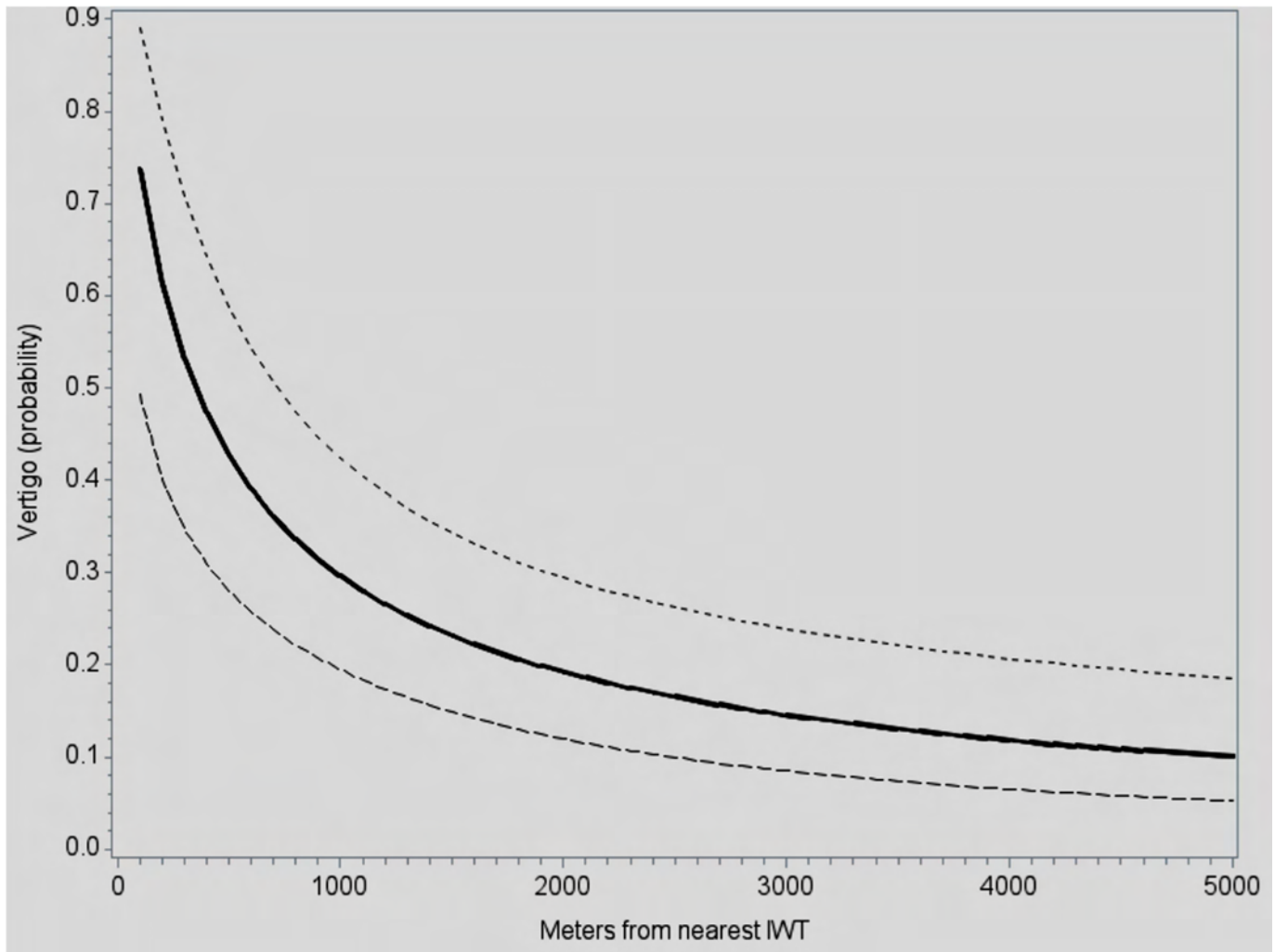


Abb. 5: Die Häufigkeit von Schwindelanfällen sinkt mit dem Abstand von WEA

396 Personen mit Wohnort in der Nähe von WEA¹⁾ wurden nach der Häufigkeit von Schwindelanfällen befragt. Diese Häufigkeit ist in Abhängigkeit vom Abstand der Wohnung zur nächstgelegenen WEA dargestellt (feste Linie: Mittelwerte, gestrichelt: Intervall für 95 % Wahrscheinlichkeit).

¹⁾8 Windfarmen mit jeweils mehr als 10 Anlagen, Nominalleistungen zwischen 1,5 u. 2,3 MW, Höhen zwischen 110 u. 129 m.

Quelle: Claire Paller, Thesis MSc (Master-Arbeit) in Health studies and Gerontology. University of Waterloo, Ontario, Canada, 2014. Ähnliche Abhängigkeiten hat die Autorin für Tinnitus-Attacken und Schlafstörungen gefunden.