

Medizinische Daten und Studien zur Wirkungsweise von ILFN
(Infrasound and low frequency noise)
Medizinische Evidenz für gesundheitliche Schäden durch ILFN

Einführung:

Die medizinische Wissenschaft ist sich darin einig, dass ausreichender Schlaf essentiell für unsere Gesundheit und unser Wohlbefinden ist. Es gibt eine umfangreiche Literatur, die belegt, dass chronische Schlafstörungen die Gehirn Funktion, das Herz und die Blutzirkulation und auch den gesamten Stoffwechsel beeinträchtigen. Jede Ursache, die den Schlaf stört, führt zu chronischem Stress und damit zu einer nachweisbaren Beeinträchtigung der Gesundheit.

Die Vielzahl der nationalen und internationalen Studien zu Windenergieanlagen (WEA) und InfraLowFrequencyNoise (ILFN) zeigt ganz eindeutig den Zusammenhang zwischen der Schall-Emission von WEA und Schlafstörungen der Anwohner. Darüber hinaus lässt sich auch eine Dosis-Wirkungsbeziehung bezogen auf den Abstand der WEA und der Ausprägung der Schlafstörungen nachweisen. Daraus ergibt sich zwingend, dass aus medizinischer Sicht sichere Mindestabstände von WEA zur Wohnbebauung eingehalten werden müssen.

Aufgrund aller vorliegenden Studien kann man davon ausgehen, dass empfindliche Menschen in 15-30% durch Schallemissionen von WEA krank werden. Die Ausführungen werden belegen, dass dies in allen Regionen und auch in verschiedenen Ländern mit hoher Konstanz nachweisbar ist.

Da der Ausbau der WEA aufgrund der politisch gewollten Energiewende zügig vorangetrieben wird (mindestens 5.000 neue WEA/Jahr) kann man davon ausgehen, dass bis zum Jahr 2030 praktisch überall in Deutschland WKA flächendeckend in Betrieb sind. Eine Hochrechnung der Ziele der Bundesregierung ergibt, dass dann alle 2-3 km im Durchschnitt eine WEA stehen muss. Wissenschaftlich ist davon auszugehen, dass somit von 82 Millionen Einwohnern mindestens 5 Millionen in ihrer Gesundheit betroffen sein werden. Die Größenordnung von 5 Millionen hat eine äußerst hohe medizinisch-politische und eine gesundheits-ökonomische Bedeutung. Dabei sind die Folgeschäden durch Schadenersatz- ansprüche und folgende Berentungen noch gar nicht berücksichtigt.

Ziel dieses Gutachtens ist die Aufarbeitung der vorhandenen aktuellen Literatur mit Schwerpunkt zu folgenden Themenbereichen:

- 1) **Bereits 1999 hat die WHO in ihrem Report „Guidelines for Community Noise“ (Berglund 2000) gesundheitliche Bedenken zu ILFN-emittierenden Anlagen festgestellt:**“It should be noted that a large proportion of low-frequency component in a noise may increase considerably the adverse effects on health. The evidence on low frequency noise is sufficiently strong to warrant immediate concern”.
- 2) **Der von Windkraftanlagen produzierte niederfrequente Schall (ILFN) erreicht das menschliche Gehirn und kann dort gesundheitlich Schäden auslösen:** Vor allem durch Arbeiten von Salt(2011) konnte nachgewiesen werden, dass ILFN über die äußeren Haarzellen des Innenohres aufgenommen wird und dort einen endolymphatischen Hydrops erzeugt ,der wiederum für zahlreiche Symptome verantwortlich ist. Aufgrund der komplexen Verschaltung im Gehirn sind Symptome wie Tinnitus, Schwindel, Angstgefühle und chronische Stressreaktionen physiologisch erklärbar.

3) Die Schlafqualität wird durch ILFN nachhaltig gestört:

Neuere Studien (Paller 2014) zeigen eindeutig, dass die Schlafqualität der Anwohner von WEA in Abhängigkeit vom Abstand zur WEA beeinträchtigt wird. Die Evidenzlage für einen ursächlichen Zusammenhang ist sehr hoch. Chronische Schlafstörungen führen zu chronischem Stress und damit erheblichen gesundheitlichen Folgeschäden.

4) Natürlicher Infraschall ist „gesund“, künstlich erzeugter kann krank machen:

vor allem die Arbeiten von Dooley (2014) belegen, dass das menschliche Gehirn natürlichen Infraschall (Blätterrauschen, Meeresbrandung u.a.) als normal bewertet, aber künstlich erzeugten, rhythmisch pulsierenden, wie er von WEA generiert wird als Belastung empfindet. Innerhalb von Häusern ist die schädigende Wirkung nachweislich noch störender als im Freien.

5) Welche Evidenz gibt es zwischen den von WEA erzeugten ILFN und gesundheitlichen Auswirkungen auf die Bevölkerung:

Mehrere systematische Reviews und zahlreiche Einzelarbeiten belegen bei zu nahen Abständen negative gesundheitliche Auswirkungen von ILFN bei im Schnitt 15-30% der Bevölkerung. Für den ursächlichen Zusammenhang ILFN vom WEA erzeugt und gesundheitlicher Beeinträchtigung zeigen die Reviews einen hohen Evidenzgrad von 4-5 (Skala von Ia – V), was nahezu einer gesicherten Erkenntnis entspricht.

6) Machbarkeitsstudie des Bundesgesundheitsamtes 2014:

Die Machbarkeitsstudie zu Wirkungen von Infraschall (Krahe et al 2014) sichtet die nationale und internationale Literatur und kommt zu dem Schluss, dass die Forschungsdaten in Deutschland im internationalen Vergleich eher schlecht ist. Es werden erstmals Messprotokolle entwickelt und Studienkonzepte vorgelegt, mit denen in der Zukunft gemessen werden kann.

Zu 1) WHO Bedenken bezüglich industriell erzeugtem Infraschall:

Wie in 1 angedeutet, setzt sich der WHO Bericht von Berglund (2000) bereits intensiv mit den Wirkungen von Infraschall auseinander:

- "It should be noted that low-frequency noise . . . can disturb rest and sleep even at low sound pressure levels.
- Other primary physiological effects can also be induced by noise during sleep, including increased blood pressure; increased heart rate; ... vasoconstriction; ...cardiac arrhythmia.
- Special attention should also be given to the following considerations: . . . Sources with low-frequency components. [Sleep] disturbances may occur even though the sound pressure level during exposure is below 30 dBA.
- After prolonged exposure, susceptible individuals in the general population may develop permanent effects, such as hypertension and ischaemic heart disease. ...
- For noise with a large proportion of low frequency sounds still lower guideline (than 30dBA) is recommended.
- When prominent low frequency components are present, noise measures based on A-weighting are inappropriate."

Die WHO konstatiert, dass ILFN den Schlaf bereits bei sehr niedrigen Schalldruckpegeln unter 30 dBA beeinflussen kann. Darüber hinaus werden zahlreiche wissenschaftlich belegte physiologische Wirkungen von ILFN aufgezeigt. Medizinisch wichtig und von hoher gesundheits-ökonomischer Relevanz ist die Aussage, **dass bei Langzeit Exposition empfindliche Menschen permanente Effekte wie Bluthochdruck und ischämische Herzerkrankungen erleiden können. Dies bedeutet hohe gesundheitliche Folgekosten bei Langzeitexposition.**

Zusammenfassend warnt die WHO eindringlich vor gesundheitlichen Nebenwirkungen durch

ILFN und rät zu strengeren Richtlinien. **Sie hält vor allem bei Dauerbelastung durch ILFN die A-gewichteten Messungen für ungeeignet.** Im Gegensatz dazu sind in Deutschland nach der rechtsgültigen TA Lärm immer noch die A-gewichteten Messungen Standard und Voraussetzung für die Genehmigung neuer WKA.

Zu 2) Der von Windkraftanlagen produzierte niederfrequente Schall (ILFN) erreicht das menschliche Gehirn und kann dort gesundheitliche Schäden auslösen

Windenergieanlagen (WEA) sind Energiewandler. Bis maximal 40 % der im Wind enthaltenen kinetischen Energie können WEA in Strom umwandeln, ein großer Teil der Energie geht jedoch in Schallwellen über. Dabei verstehen es Konstrukteure gerade bei den neuen hochleistungsfähigen Anlagen, das Schallspektrum in Richtung der weniger bis gar nicht mehr hörbaren Anteile zu verschieben, eben um so nahe Anwohner von WEA scheinbar vor Belästigung und krank machender Wirkung zu „verschonen“. Dies ist jedoch ein Scheinmanöver. In Wahrheit machen niedrigfrequente Schallwellen (unter 200 Hz) sowie unhörbarer Infraschall (unter 20 Hz) in ganz ähnlicher, wenn nicht gar schlimmerer Weise (u.a. weil eben nicht durch Hören wahrnehmbar und damit nicht direkt erkennbar) krank wie eigentlicher Lärm. Das Energie-niveau des nicht-hörbaren Schalls ist gleich dem des Hörbaren, d.h. dass die Einwirkungsintensität auf den Organismus die Gleiche ist.

Wie erreichen ILFN und Infraschall den Menschen?

Schallwellen werden vom Trommelfell aufgenommen und über das Mittelohr mittels Hammer, Ambos und Steigbügel, welche die Schwingungen weiterleiten und verstärken, durch das ovale Fenster in das mit Flüssigkeit gefüllte Innenohr übertragen. Dort wiederum erreichen die Schallwellen die Gleichgewichtsorgane sowie das in die Hörschnecke (Cochlea) eingelassene Hörorgan.

Wie in wissenschaftlichen Versuchen nachgewiesen können ILFN und Infraschall (IS) nach nur 1,5 bis 3 Minuten Expositionszeit einen so genannten endolymphatischen Hydrops erzeugen, also eine überschießende Flüssigkeitsansammlung im Innenohr, welche sich insb. im Bereich der Cochleaspitze sowie des Sacculus (ein für die Regulierung des Gleichgewichtssinns zuständiges Säckchen) auswirkt: **Ersteres kann Änderungen der Hörpotentiale (so reagiert die Cochleaspitze dann z.B. auf Infraschall um etwa 20 dB sensibler) und Tinnitus erzeugen. Letzteres kann Schwindel, Gleichgewichtsstörungen und Übelkeit nach sich ziehen (Salt, 2004, Drexel et al. 2013).**

Zudem werden ILFN sowie IS im Bereich des Innenohrs gemeinsam mit höheren Frequenzanteilen in die Cochlea (Hörschnecke) übertragen. Dort findet sich das Corti-Organ, welches die gesamte Hörschnecke durchzieht. Die darin enthaltenen Haarsinneszellen gliedern sich in drei Stränge so genannter äußerer (OHC) sowie einen Strang innerer Haarsinneszellen (IHC). Die höheren Frequenzen (über 200 Hz) erregen dabei die inneren Haarsinneszellen (IHC), welche für das Hören zuständig sind. Niederfrequente Schallanteile, insbesondere solche unter 20 Hz (Infraschall) werden hingegen von den äußeren Haarsinneszellen wahrgenommen (OHC). Der Unterschied kommt folgendermaßen zustande: Beide Typen besitzen feinste Härchen, bei deren Beugung elektrische Potentiale erzeugt werden, welche dann über die Hörbahn zu höher gelegenen ZNS-Strukturen weitergeleitet, in mehreren Nervenkerengebieten umgeschaltet und weiterverarbeitet werden. Dabei sind die Härchen der inneren Haarsinneszellen flüssigkeitsgekoppelt, das bedeutet: Diese enden in der, unter der gelatinösen Deckmembran (membrana tectoria) befindlichen Flüssigkeit. Da letztere wie eine Art Dämpfer auf die ankommenden Schallwellen reagiert, führen nur die höherfrequenten, kurzwelligeren und damit schnelleren Schallwellen zur Auslenkung der Härchen sowie Erregung der IHCs und damit zu Höreindrücken. Die Stimulus-Geschwindigkeit des großwellig langsamen niederfrequenten Schalls reicht hingegen zur Beugung der flüssigkeitsgebundenen Sinneshärchen nicht aus.

Ganz anders bei den Inneren Haarsinneszellen, deren Härchen in die Deckmembran eingelagert sind und somit direkt auf deren Bewegungen reagieren und - da keinerlei Dämpfungseffekte vorliegen - bis herunter zu tiefsten Frequenzen stimuliert werden. Die errechneten

Sensibilitäten von IHCs und OHCs sind in Abb.1 als Kurvenverläufe dargestellt. **Wie dort zu sehen, liegt der Bereich des durch Windkraftanlagen produzierten niedrigfrequenten Schallspektrums (dunkle Fläche) außerhalb des hörbaren Bereichs (sowohl was Frequenzhöhe als auch Schalldruckpegel angeht), die OHCs können durch diese Schallanteile jedoch sehr wohl stimuliert werden.**

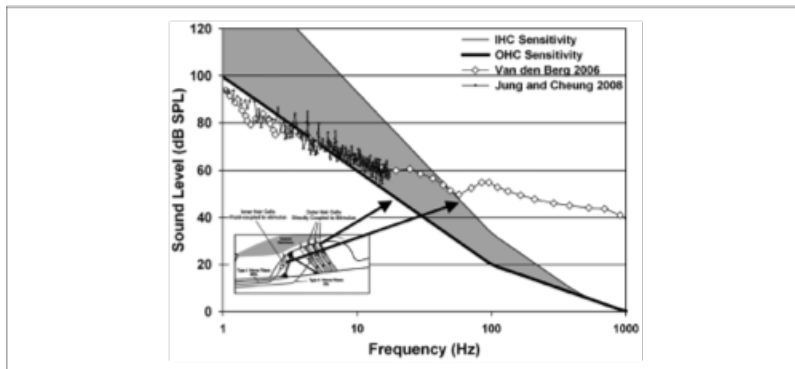


Abb.1 Die schmale Linie zeigt die geschätzte Empfindlichkeit der inneren Haarzellen (IHC) in Beziehung zur Frequenz, die vergleichbar ist mit der Hörkurve des Menschen und in Übereinstimmung mit der durch die IHCs vermittelten Hörfunktion (basierend auf Cheatham & Dallos, 2001). Die dickere Linie zeigt die geschätzte Empfindlichkeit der äußeren Haarzellen (OHC), welche wesentlich empfindlicher sind als die IHCs. Die querverlaufende gezackte Linie gibt Messungen von WKA-Breitbandspektren wieder.

Die Schallkomponenten des darüber gelegten WKA-Schallspektrums innerhalb des dunkel dargestellten Bereichs (von etwa 5 bis 50 Hz) sind zu gering, um die IHC zu stimulieren und können folglich nicht gehört werden, jedoch von ausreichendem Maß, um die OHCs zu stimulieren. Das eingefügte Bild zeigt einen Querschnitt durch das sensorische Organ der Cochlea (das Corti-Organ) mit Darstellung der Lokalisation der IHCs und OHCs

Die OHCs sind innerviert durch Typ II Nervenfasern, welche 5 bis 10% der akustischen Nervenfasern ausmachen, welche wiederum die Haarzellen mit dem Hirnstamm verbinden. Die anderen 90 bis 95 % stammen von den IHCs. Nervenfasern vom Typ I (von den IHCs) als auch Typ II (von den OHCs) führen zum Nukleus cochlearis des Hirnstamms, TypII Fasern genauer gesagt in die Region der Körnerzellen des Nukleus cochlearis (Brown, Berglund, Kiang & Ryugo, 1988). Einige dieser Körnerzellen erhalten direkten Input von Typ II Fasern (Berglund & Brown, 1994). Die Körnerzellen sind wiederum an der Aktivierung nahe gelegener Zellen beteiligt, welche hemmenden Einfluss nehmen auf die fusiformen Zellen, die ihrerseits hörbaren Schall verarbeiten. Wenn Typ II Fasern die Körnerzellen erregen, bewirkt dies letztendlich eine Minderung der Antwort der fusiformen Zellen auf Beschallung. Hinweise häufen sich, dass Verlust, aber auch einfach nur die Überstimulation von OHCs zu massiven Störungen in Bereich der Balance erregender wie hemmender Einflüsse im dorsalen Nukleus cochlearis führen kann. Eine Folge dieser Störungen ist die Entstehung von Übererregbarkeit, welche zur Wahrnehmung von Phantom-Geräuschen (Tinnitus) beitragen kann (Kaltenbach et al., 2002, Kaltenbach & Godfrey, 2008). Die Körnerzellen haben weiterhin Verbindungen zu zahlreichen auditiven wie nicht-auditiven Zentren des Gehirns (Shore, 2005). Einige dieser Zentren sind direkt mit der Hörfunktion verbunden, andere jedoch sind an vielfältigen weiteren Prozessen beteiligt, wie dem allgemeinen Grad der Aktivierung des zentralen Nervensystems (Aufmerksamkeit, Wachheit, Reaktionsbereitschaft usw.), den Schreckreaktionen bzw. -reflexen (wie z.B. aus dem Schlaf aufzuschrecken!), dem Gleichgewichtssinn und der unbewussten Erfassung der Position von Kopf und Ohren (Godfrey et al., 1997).

Zu den Funktionen, welche dem dorsalen Nukleus cochlearis zugeschrieben werden, zählen u.a. die Lokalisation von Schallereignissen, die Unterdrückung von selbst generierten Geräuschen (Tinnitus), die Orientierung von Kopf und Augen hin zu Schallquellen sowie die Steuerung der Aufmerksamkeit (Kaltenbach, 2006, Oertel & Young, 2004).

Auf ihrem weiteren Weg zur primären Hörrinde im Schläfenlappen durchlaufen die

Nervenfasern der Hörbahn und damit auch die von den OHCs stammenden Impulse, zahlreiche weitere Nervenkernegebiete. **Dabei fällt auf, dass Neurone weniger auf einfache Reize wie z.B. reine Töne, sondern vielmehr auf komplexe Schallmuster wie z.B. amplituden- oder frequenzmodulierte Töne reagieren. Das sind solche, bei denen sich Schalldruck und/oder Frequenz ständig ändern, wozu durchaus auch die Schallmuster von Windkraftanlagen zu zählen sind. (Birbaumer und Schmidt, 2010)**

Eine weiteres für das Verständnis der Wirkungen des von WEA emittierten Infraschalls wichtiges Umschaltzentrum findet sich im Verlauf der Hörbahn in Form des medialen Kniehöckers (Corpus geniculatum mediale). Dessen Funktion besteht in der Kombination jeder Art von nicht-frequenzspezifischer auditiver mit nicht-auditiver Information wie z.B. Ergebnisse des Richtungshörens, der Lokalisation von Schallquellen sowie Informationen des Gleichgewichtssinns. Von dort werden einerseits Informationen weitergeleitet zum auditiven Cortex im Temporallappen (primäre Hörrinde), andererseits finden sich jedoch Querverbindungen zur Amygdala (Mandelkern), einem wichtigen Kerngebiet des Limbischen System, wodurch u.a. die akustische Konditionierung von Gefühlen wie z.B. Angst möglich wird. Der Mandelkern ist Teil des „Zentrums für emotionale Intelligenz“ (Bauer, 2008). Dort werden eingehende Signale mit gespeicherten Erfahrungen aus früherer Zeit verglichen und bewertet. Werden Stimuli als Gefahr eingeschätzt, werden zwei Alarmzentren des Gehirns aktiviert: zum einen die Achse Hypothalamus-Hypophyse-Nebenniere, wo schließlich das Stresshormon Cortisol freigesetzt wird, mit möglichen Langzeitfolgen wie Herz-Kreislauf-Erkrankungen und Krebs (via Immunsuppression). Das zweite aktivierte Alarmsystem befindet sich im Hirnstamm, wo insb. der Locus coeruleus aktiviert und in Folge Adrenalin ausgeschüttet wird, was zur Alarmierung des Herz-Kreislaufsystems führt (Blutdruckanstieg, Herzasen etc).

Dies stellt die Brücke dar von ILFN/Infraschall zur kontinuierlichen Entstehung (chronischer) Stresserkrankungen.

Neue Ergebnisse der physikalisch Technischen Bundesanstalt Braunschweig 5/2015: „Kann man Infraschall und Ultraschall hören?“

In einer Presseerklärung wurden die neuesten Meßergebnisse bekanntgegeben:

„In einem Projekt des von der Europäischen Union unterstützten "European Metrology Research Programme" (EMRP) wurde deshalb mit Hilfe verschiedener Methoden der Audiologie und der bildgebenden Verfahren der Neurologie objektiv untersucht, wie Infraschall und Ultraschall auf den Menschen wirken. Zunächst wurden die subjektiven Hörschwellen einer Gruppe von Testpersonen in den Frequenzbereichen 2 Hz bis 125 Hz und 14 kHz bis 24 kHz bestimmt. Im Infraschallbereich gelang es auch, mit neu entwickelten Methoden die Kurven subjektiv gleicher Lautstärke individuell für jede Testperson und damit auch für die Gruppe insgesamt zu ermitteln. Mit diesen audiologischen Methoden konnte die individuelle Hörwahrnehmung quantitativ beschrieben werden.

*In einem weiteren Schritt wurde mit Hilfe bildgebender Verfahren untersucht, ob und in welchem Bereich die akustischen Stimuli außerhalb des Hörfrequenzbereiches Reaktionen im Gehirn hervorrufen. Damit sollten der subjektiven Wahrnehmung von Infra- und Ultraschall objektive Maße der modernen Hirnforschung gegenübergestellt werden. Dieselben Probanden, für die eine audiologische Charakterisierung vorlag, wurden mit Hilfe der Magnetoencephalographie (MEG) und der funktionalen Magnetresonanztomographie (fMRT) untersucht. **Im Infraschallbereich konnte bis hinab zu einer Frequenz von 8 Hz eine Anregung im auditiven Cortex nachgewiesen werden.** Die Ergebnisse legen auch den Schluss nahe, dass sich der Mechanismus des Hörens bei etwa 20 Hz ändern könnte, dass also Infraschall (unterhalb 20 Hz) und 'hörbarer' Schall (oberhalb von 20 Hz) vom Gehirn auf unterschiedliche Art wahrgenommen bzw. verarbeitet werden. Im Infraschallbereich konnten in einigen Experimenten dagegen Hirnreaktionen auch für Stimuli 2 dB unterhalb der Hörschwelle festgestellt werden, was auf eine unbewusste Wahrnehmung von Infraschall hindeutet.*

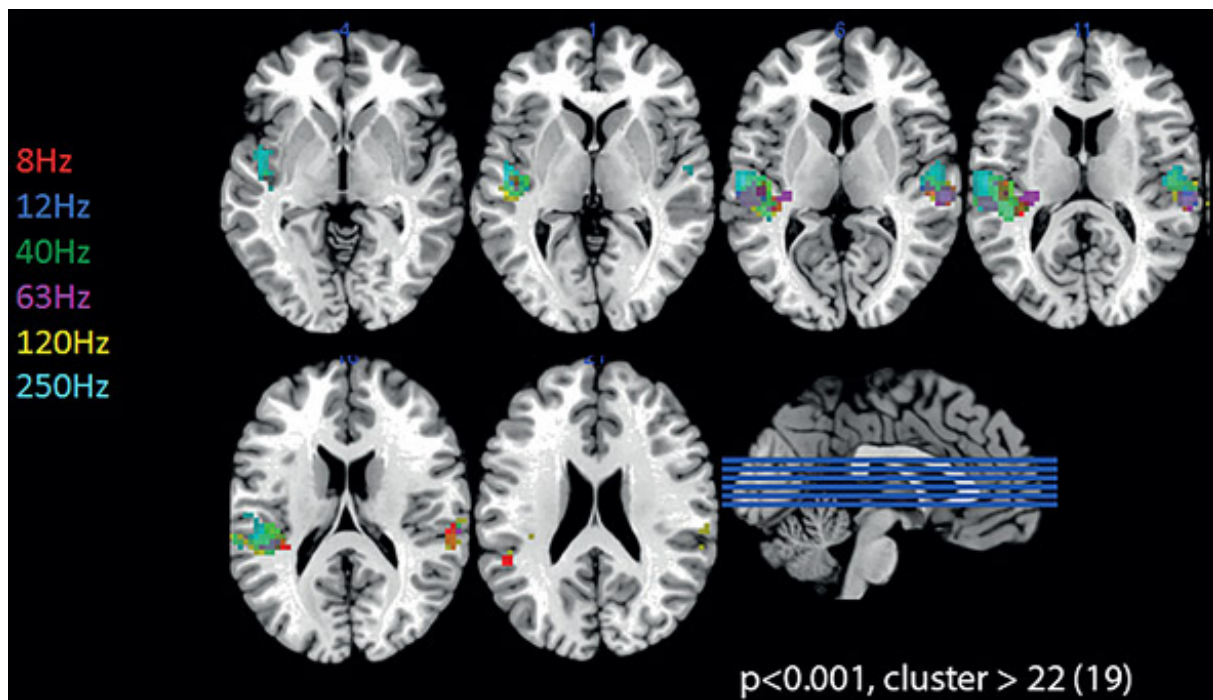


Abbildung: Erregung der Hörzentren bei verschiedenen Frequenzen im fMFR

Allerdings war nicht immer eine tonale Wahrnehmung vorhanden. Die Versuchspersonen hörten die Töne also nicht unbedingt tatsächlich, nahmen sie aber dennoch irgendwie deutlich wahr. Außerdem beobachteten die Wissenschaftler Aktivität in Gehirnregionen, die bei **Emotionen** eine Rolle spielen. "Das heißt, der Mensch nimmt dann eher diffus wahr, dass da irgendwas ist und dass das auch eine Gefahr bedeuten könnte", sagt Koch. Viele Fragen sind noch offen. „Im Grunde stehen wir erst am Anfang. Weitere Forschung ist dringend notwendig“, betont Koch. Der Antrag für ein Folgeprojekt läuft bereits. Darin wollen die Forscher gezielt jene Menschen untersuchen, die sich von „unhörbarem“ Schall belästigt fühlen. Schließlich geht es längst nicht jedem so; manchen lässt ein Windrad neben seinem Haus völlig kalt. Und dann müssen ja auch noch die Effekte berücksichtigt werden, dass manche Menschen bereits aus Angst vor einer objektiv gar nicht vorhandenen Gefahr krank werden. Daher sollen möglichst auch Psychologen mit ins Team.

Für die Klärung einer konkreten Beschwerdesituation (nicht nur an einer Windkraftanlage) sollte die betroffene Person einbezogen werden. Eine pauschale Aussage ist hier nicht sachgemäß. Alternativ wird daran gearbeitet, bei der Festlegung von Schalldruckpegel-Obergrenzen mit Hilfe statistischer Verfahren Zuschläge zu definieren, die besonders sensible Personen schützen. Dabei sind mit „besonders sensiblen Personen“ Menschen gemeint, die über eine noch zu quantifizierende niedrige Hörschwelle bei Infraschall verfügen. Mit einer bestimmten statistischen Sicherheit ist dann gewährleistet, dass solche Personen nicht gestört werden.

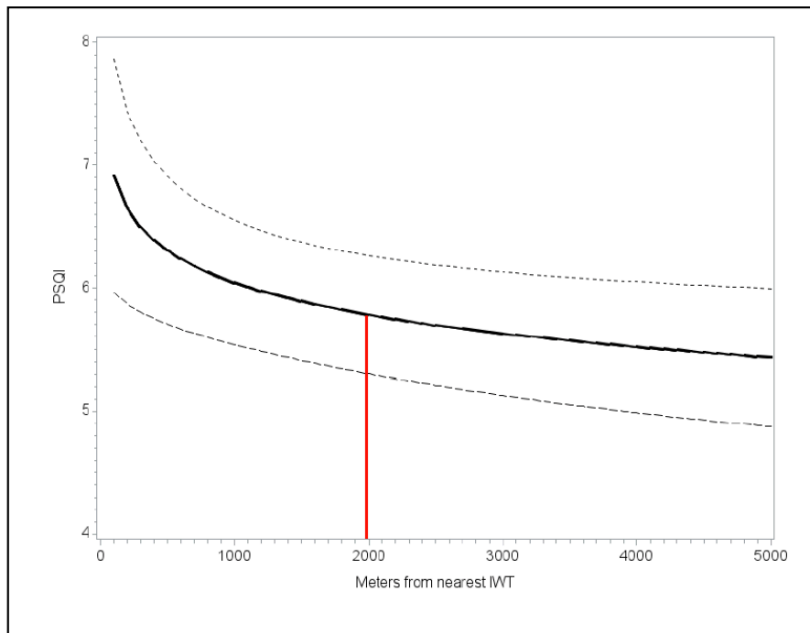
Fazit: Die bislang aufgestellten Behauptungen, Töne unter 20 HZ würden im Gehirn zu keiner Reaktion führen sind definitiv falsch. Töne werden bereits ab 8 HZ vom Gehirn war genommen. Sensible Personen können auch unterhalb der Hörschwelle solche Töne registrieren und werden dadurch gestört. Weitere Forschung ist dringend notwendig.

Zu 3) Die Schlafqualität wird durch ILFN nachhaltig gestört:

Durch eine Arbeit von **Claire Paller** (2014) ist belegt, dass es einen eindeutigen Zusammenhang zwischen gesundheitlicher Beeinträchtigung und Entfernung zur Windenergieanlage gibt. 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 Windenergieanlage. Die Schlafqualität verschlechtert sich, je näher die Person an der WEA wohnt, d. h. je kleiner die Entfernung (in Metern) ist; dabei ergibt sich eine Kurve von dem Typ, wie sie in Abb. 2. wiedergegeben ist



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).

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. Ab ca. 2.000 Metern flacht die Kurve deutlich ab, so dass weitere Abstände als 2.000 Meter rein mathematisch nur noch geringe Effekte auf die Schlafqualität hätten.

Zu 4) Natürlicher Infraschall ist „gesund“, künstlich erzeugter kann zur Erkrankung führen:

Dooley zeigt in seinen wissenschaftlichen Arbeiten nachdrücklich den Unterschied zwischen natürlichem und künstlich erzeugtem Infraschall. Am besten lässt sich dies in einem 16 Minuten langen Video verstehen, in dem Dooley alle dies bezüglichen Effekte anschaulich erläutert:

<http://umweltmessung.com/infraschall-wirkung/> Hier sind wesentliche Aussagen des Videos übersetzt

„Infraschall und die Bewegungskrankheit, eine Übersicht.“

„Wir werden heute über den Zusammenhang diskutieren, der nach unserer Meinung zwischen Infraschall und einigen Formen von Bewegungskrankheitssymptomen bei sensiblen Menschen besteht. Bewegungskrankheit ist meistens mit Übelkeit und Erbrechen assoziiert. Dennoch haben wir ziemlich viel wissenschaftliche Forschung zwischen 2013 und 2014 betrieben und verstehen jetzt, dass die Bewegungskrankheit und vor allem eine bestimmte Abfolge von Symptomen - genannt SOPITE Syndrom - wahrscheinlich der Grund ist, der Menschen, die in der Nähe von Windrädern wohnen, beeinflusst. Lassen Sie uns deshalb mit unseren

Ergebnissen beginnen: **Bewegungskrankheitssymptome inclusive des SOPITE Syndroms: Schlafstörungen, Schwindel und Übelkeit, Schläfrigkeit, Stimmungsschwankungen, Gleichgültigkeit, Gähnen und Arbeitsunlust.**

Das SOPITE Syndrom ist eine Manifestation von der Bewegungskrankheit, welches nach unserer Meinung besonders interessant ist. Die anerkannte Theorie für die Ursache der Bewegungskrankheit ist ein sensorischer Konflikt im zentralen Nervensystem. Ein sensorischer Konflikt entsteht, wenn zwei oder mehrere Sinne wie das Sehen oder das vestibuläre System, das Gleichgewicht oder die kinästhetische Berührung sich nicht einig sind über die eigene Bewegung. Lassen Sie uns auf ein paar Beispiele schauen:

Hier ist ein Schema gezeigt, welches die drei primären sensorischen Systeme und das zentrale Nervensystem im Gehirn darstellt. Dieses Diagramm zeigt, was genau das sensorische System vielleicht interpretiert, wenn man zum Beispiel in einem Auto liest. Das Innenohr oder das kinästhetische- oder Berührungssystem bekommen Bewegungsreize, während das visuelle System keine bekommt. Dies führt zu einem sensorischen Konflikt, der bei einigen Leuten Bewegungskrankheit verursacht.

Eine ähnliche Situation findet auch auf einem Kreuzfahrtschiff in der Personenkabine statt, wo wieder sowohl das Innenohr als auch der Berührungssinn und das kinästhetische sensorische System Bewegungsreize bekommen, aber das visuelle System nicht, was wiederum zu Symptomen führt, die als Seekrankheit bezeichnet werden. In beiden Situationen, also im Auto und auf dem Kreuzfahrtschiff, kann die Bewegungskrankheit oft dadurch behoben werden, dass man den Horizont anschaut oder einfach aus dem Fenster schaut und damit einen visuellen Bewegungsreiz setzt.

Nun stellt sich die Frage **in wie fern Infraschall bei all dem eine Rolle spielt.** Lassen sie uns erstmal näher beleuchten, was Infraschall genau ist: Infraschall sind relativ kleine Schwankungen im lokalen barometrischen Druck maßgeblich unter 20 mal pro Sekunde (entspricht = 20 Schwingungen pro Sekunde = 20 Hz). Wir können dies normalerweise nicht hören, weil es unterhalb unserer Hörschwelle liegt. Deshalb wird es Infraschall genannt, aber unsere Trommelfelle bewegen sich zumindest im gleichen Ausmaße für Infraschall wie sie sich auch für hörbare Schalldrücke bewegen, auch wenn wir uns dessen nicht bewusst sind.

Menschen sind, schon seitdem Männer und Frauen auf der Erde laufen, Infraschall exponiert gewesen, wenn sie sich bewegen Es ist ein wesentlicher Teil von normaler Bewegung. Wenn wir uns einen Zentimeter nach oben bewegen, reduziert sich der Druck um unseren Kopf und um unseren Oberkörper um circa 0.12 Pascal. Wenn wir uns nach unten bewegen, erhöht sich der gleiche Druck um circa 0.12 Pascal. Es kann darüber kein Argument oder eine Debatte geben, es ist ein physikalischer Fakt, welcher einfach getestet und bewiesen werden kann und auch einfach zu kalkulieren ist. Für die Person, die läuft, sind diese Schwankung Infraschall. **Die periodischen und symmetrischen Druckschwankungen wenn wir laufen, sind für unser sensorisches System identisch zu periodisch-symmetrischem Infraschall von irgendeiner Quelle. Lassen Sie uns auf ein Beispiel schauen mit einer anderen Ursache als Laufen.**

Lassen Sie uns annehmen, dass Betty eine der Personen ist, die sensibel auf ILFN reagieren. Wenn Betty sich in ihrem Haus nicht bewegt gibt es normalerweise keine Bewegungsreize. Sobald eine periodische Infraschallquelle erzeugt wird, wie zum Beispiel durch ein Windrad, wird ihrem vestibulären System ein Bewegungsreiz präsentiert, welcher einen sensorischen Konflikt in Bettys zentralem Nervensystem verursacht, was dazu führt, dass sie Symptome der Bewegungskrankheit und des SOPITE Syndroms erfährt. Barometrische Druckschwankungen können entweder symmetrisch relativ unverzerrt - oder äußerst unsymmetrisch, signifikant verzerrt sein. Eine symmetrische periodische Druckschwankung findet statt, wenn positive und negative Druckwerte um den gleichen Wert von dem Druckschnittsdruckwert abweichen.

Hier ist ein Beispiel:

Eine nicht symmetrische Druckschwankung findet statt, wenn die positiven und negativen Druckwerte von dem Durchschnittswert ungleich abweichen. Einige Wissenschaftler haben zuvor berichtet, dass der bekannte Bewegungskrankheitseffekt auf Menschen minimalisiert werden konnte, wenn der Infraschall verzerrte Druckmuster beinhaltet, wohingegen wenn die Druckmuster völlig symmetrisch waren, die negativen Effekte öfters observiert werden konnten. Diese Forschungen schließen Evan und Tempest 1972, Brian 1976 und Kai et al. 1980 mit ein. ...

Ein nicht verzerrtes oder symmetrisches Muster wurde abermals benutzt um zu bestätigen, dass die sensiblen Testprobanden tatsächlich nur so sensibel waren, wie sie auch schon am Anfang gewesen waren.

Dieser Test bestätigte die Erkenntnis der früheren Wissenschaftler, aber **bewies außerdem sehr schlüssig, dass einige Menschen sensibel gegenüber Infraschall sind und andere nicht. Müdigkeit und Schlapp-**

heit wurden öfters bei einem nicht symmetrischen oder verzerrten Druckmuster beobachtet, vor allem eher als eine relativ sofortige Beobachtung, denn als ein verspätetes Ergebnis.

Wir denken, dass dieser Effekt sehr wertvoll ist als Erklärung, warum bestimmte Arten von Infraschall Bewegungskrankheitssymptome bei manchen sensiblen Menschen verursachen und andere Arten von Infraschall keine Probleme, auch nicht bei sensiblen Menschen verursachen.

*Hier folgen einige-Beispiele, bei denen üblicherweise symmetrischer periodischer Infraschall auftritt: Kreuzfahrtschiffe auf Grund der periodischen auf und ab Bewegung; Autos und andere Transportmittel mit Breitbandinfraschall (mit multiplen Frequenzen), welche auch symmetrisch sind und die Luftfahrt mit spontanen Höenschwankungen bei stürmischem Wetter. **Der WEA induzierte Infraschall innerhalb eines Hauses ist oft symmetrischer als der Windrad-Infraschall außerhalb des Hauses**, weil es im Haus zu einem Verstärkungseffekt (stehende Wellen) kommt. Durch die Gebäudestruktur (z.B. Wände) wird der von außen einwirkende gepulste Infraschall verstärkt*

Wenn Sie in ihrem Haus in der Nähe eines Windrades wahrscheinlich keinen visuellen Bewegungsreiz empfinden, so nehmen Sie, abhängig von ihrer Sensibilität, über ihre Ohren vielleicht einen Bewegungsreiz wahr. Das Ergebnis wäre dann ein sensorischer Konflikt, welcher zum SOPITE Syndrom oder zu Bewegungskrankheitssymptomen führt.

*Was ist nun mit nicht symmetrischen oder verzerrtem Infraschall? Es gibt zwei einfache Arten von nicht symmetrischem Infraschall: periodischen Infraschall und nicht periodischen Infraschall. Nicht periodischer Infraschall kommt häufig in unserer natürlichen Umgebung vor, er ist total beliebig. Hier ~~sind~~ ein paar Beispiele: **Wehende Blätter, Wind und das Meeresrauschen. Die Druckschwankungen im Infraschallbereich dieser natürlichen Quellen sind nicht periodisch, sondern völlig beliebig.***

***Häuser in der Nähe von Windrädern agieren als ein Filter, welche die Druckschwankungen innerhalb des Hauses symmetrischer machen als außerhalb des Hauses.** Wir denken, dass dies die Ursache sein könnte, warum Menschen, die sensibel gegenüber Druckschwankungen sind und in der Nähe von Windrädern wohnen, manchmal viel lieber draußen in Zelten oder Scheunen schlafen, als innerhalb Ihres Hauses.*

Nun zur Zusammenfassung: Je symmetrischer das Schwankungsmuster ist, desto stärker ist der Bewegungsreiz. Was nicht periodisch ist, provoziert keinen Bewegungsreiz.

Macfield und Walton (2015) berichten im renommierten Journal of vestibular Research, dass nach Ihren Befunden die sogenannte **sensorische Konflikttheorie** bei Seekrankheit entsprechend ihrer vorliegenden Daten **plausibel ist**. Nach der sensorischen Konflikttheorie interagieren die vestibulären mit den okulären Reizen und lösen so die Seekrankheit aus. Die zweite Theorie, die posturale Instabilitätstheorie behauptet, dass nicht der sensorische Konflikt die Seekrankheit auslöst, sondern die Unfähigkeit die Haltung zu stabilisieren. Die Autoren testeten 20 Personen mit Wirbelsäulenverletzungen (Paraplegie und Tetraplegie) und fanden keine Zunahme der erwarteten Rate an Seekrankheit, obwohl bei diesen Patienten die posturale Kontrolle vollständig ausgelöscht ist.

Wie weit ist Infraschall von WKA aus messbar? Die immer wieder von Behörden präsentierten Messwerte, wonach ab 500 Meter Abstand zu einer WKA kein Infraschall mehr nachweisbar sei, sind allesamt mit A-gewichteten Methoden nach der TA Lärm durchgeführt. Wie allgemein bekannt ist (siehe Gutachten der Schallgruppe) sind A-gewichtete Messungen wissenschaftlich nicht geeignet, Infraschall in seiner echten Ausbreitung zu messen. Bereits 2006 –damals waren die gängigen WKA wesentlich kleiner als die heute üblichen- haben Lars Ceranna, Gernot Hartmann & Manfred Henger von der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) gemessen und veröffentlicht:

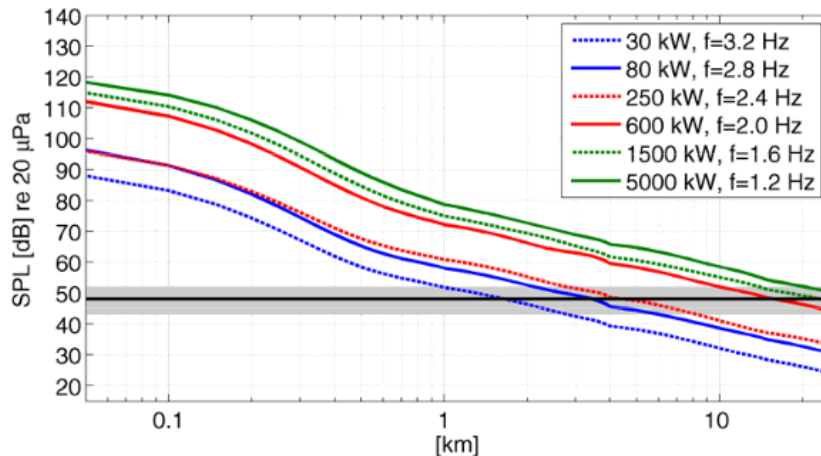


Abbildung: Messungen bei 1,2 bis 3,2 Hz in Abhängigkeit vom Abstand zur WKA

Man sieht hier sehr gut, dass schon eine **kleinere 600 kW WEA** - bei 2 Hz - über 10 km immissionsseitig reicht und erst dann im Hintergrundrauschen (von 50 dB) versinkt

Zu 5) Welche Evidenz gibt es zwischen den von WEA erzeugten ILFN und gesundheitlichen Auswirkungen auf die Bevölkerung:

Die 35-jährige Forschungsarbeit von **Mariana Alves-Pereira und ihrem Team aus Portugal**: M. Alves Pereira beschäftigt sich seit 35 Jahren mit den biologischen Auswirkungen von Infraschall und ILFN auf den Mensch und auch im Tiermodell. Die Untersuchungen erstreckten sich in den 90-iger Jahren auf Piloten und Luftfahrttechniker, seit 2001 auch auf Anwohner von WKA mit Beschwerden. Seit 2007 wurde von dem Forscherteam wiederholt eine Familie untersucht, die selbst an Windturbinensyndrom litt und auch Pferde sowie Bullen für den Stierkampf züchtete. In einem ersten Follow up 2010 und in einem zweiten 2015 wurden die gefundenen Daten überprüft. Die Familie lebt zwischen 321 und 642 Metern von den WEA entfernt. Seit 2010 konnte die Familie aus gesundheitlichen Gründen (Schlafstörungen, Thorax Beschwerden, Schwindel, Tinnitus) nicht mehr im Haus wohnen und zog in ein 12 km entferntes Haus. Die Tiere (Pferde und Bullen) blieben vor Ort. *„Between 2000 and 2006, 13 healthy thoroughbred Lusitanian horses were born and raised on Mr. R's property. All horses (N=4) born after 2007 on his farm developed asymmetric flexural limb deformities. Besides the IWT installed in November 2006, no other changes (constructions, industries, etc) were introduced into the area during this time.“*

„Detailed results from the tissue study carried out among these equines and their corresponding controls were presented at the 14th International Meeting on Low Frequency Noise and Vibration and its Control, held in Aalborg, Denmark, in June 2010 [15].“

„Schlussfolgerung: *Eine der konsistentesten Ergebnisse dieses Teams im Verlauf der letzten 30 Jahre bei den histologischen und ultrastrukturellen Untersuchungen von menschlichem Gewebe und tierischem Gewebe, das ILFN längere Zeit ausgesetzt war ist: eine organisierte Proliferation von Kollagen und Elastin Fasern, ohne dass inflammatorische Prozesse vorlagen.“*

Kommentar: aus wissenschaftlicher Sicht bedeutet dies, dass biologisches Gewebe (von Mensch und Tier), das mit ILFN chronisch beschallt wird, sich pathologisch verändert wie bei einer chronischen Entzündung, ohne dass eine Entzündung vorliegt, man nennt dies auch trockene Verfilzung.

Cape Bridgewater Report: In Australien, Cape Bridgewater Wind Farm, wurde durch Steven Cooper (2014) ein eindeutiger Zusammenhang zwischen Windkraftanlagen und gesundheitlichen Beschwerden hergestellt. 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 Beschwerdelage. Sie wussten nicht, wann der Betrieb der Windkraftanlagen zu Frequenzspitzen führte und wann nicht. Somit handelte es sich um eine, zumindest einfach verblindete Untersuchung. 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 konnte folgende Gesetzmäßigkeit feststellen: 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 weniger Beschwerden auf. Nun besteht die Schwierigkeit, diese Erkenntnisse bildlich darzustellen. Cooper zeigt im nachfolgenden Bild 3 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.

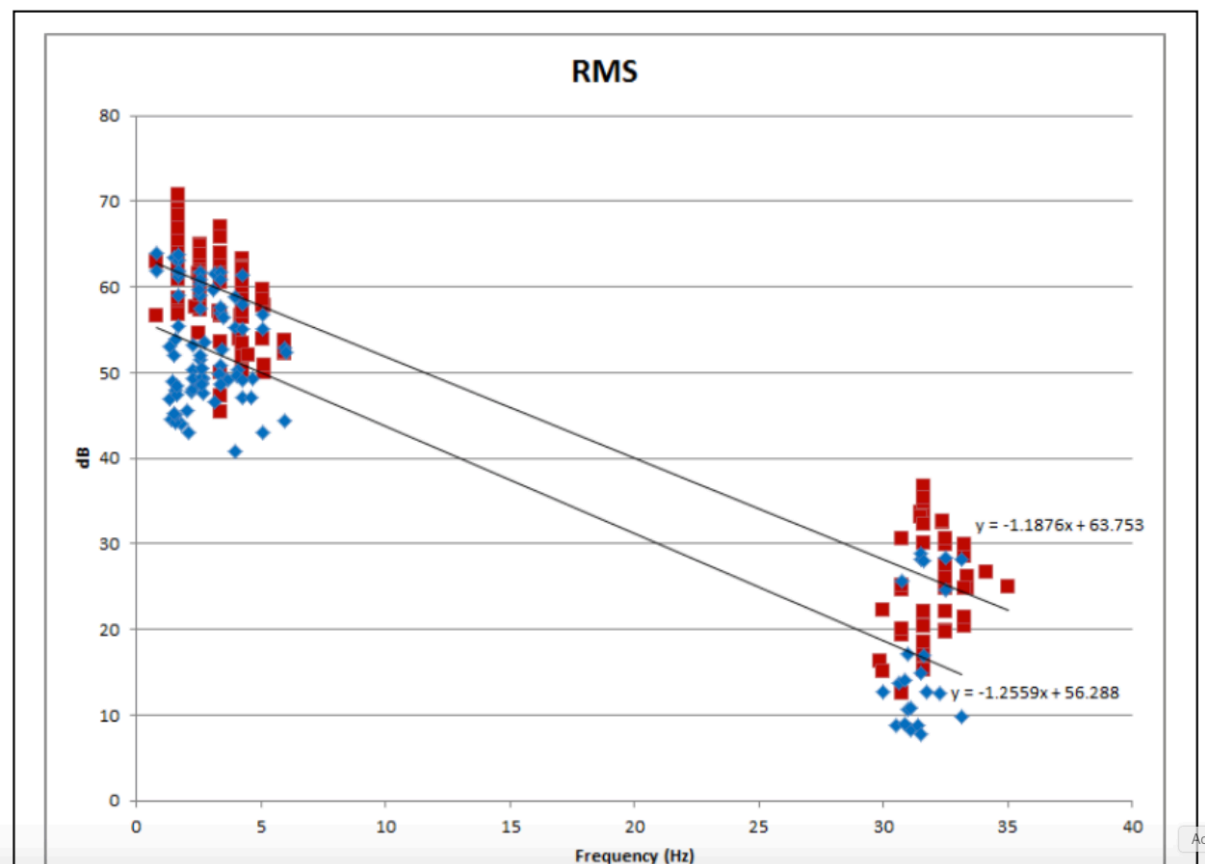


Abb. 3 Abgleich Betrieb, Änderungen und Nicht-Betrieb bzw. hohe Frequenzspitzen und niedrige mit Häufigkeit der Beschwerden

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.**

Cooper konnte ferner zeigen, dass WEA ein besonderes Infraschall-Muster emittieren, das sich von anderen technischen Quellen und auch von natürlichen Quellen klar unterscheidet. WEA haben somit aus akustischer Sicht eine klare Schallsignatur.

Cooper fand auch eine klare „Trendlinie“, die mit dem Auftreten und der Schwere der Symptome von Einwohnern, die sich wegen unerträglicher Symptome beschwert hatten, korreliert. Zu den Symptomen zählen Schlafstörungen, Kopfschmerzen, Herzrasen, Druck im Kopf, den Ohren oder in der Brust.

Systematischer Review von Arra et al 2013:

Der Review von Arra et al ist bedeutungsvoll, da nur Artikel aus peer-reviewten Zeitschriften berücksichtigt wurden und auch strenge Einschlusskriterien Verwendung fanden.

„Abstract Background and Objectives: The proximity of wind turbines to residential areas has been associated with a higher level of complaints compared to the general population. The study objective was to search the literature investigating whether an association between wind turbines and human distress exists.

***Methods:** A systematic search of the following databases (EMBASE, PubMed, OvidMedline, PsycINFO, The Cochrane Library, SIGLE, and Scirus) and screening for duplication led to the identification of 154 studies. Abstract and full article reviews of these studies led to the identification of **18 studies that were eligible for inclusion** as they examined the association of wind turbines and human distress published **in peer-review journals in English between 2003-2013**. Outcome measures, including First Author, Year of Publication, Journal Name, Country of Study, Study Design, Sample Size, Response Rate, Level of Evidence, Level of Potential Bias, and Outcome Measures of Study, were captured for all studies. After data extraction, each study was analyzed to identify the two primary outcomes: Quality of Study and Conclusion of Study Effect.*

***Results:** All peer-reviewed studies captured in our review found an association between wind turbines and human distress. These studies had levels of evidence of four and five. Two studies showed a dose-response relationship between distance from wind turbines and distress, and none of them concluded no association.*

***Zusammenfassung:** In diesem Review konnten wir zeigen, dass es einen beachtlichen Evidenz Grad 4-5 dafür gibt, dass eine Assoziation zwischen Wind Turbinen und menschlichem Disstress (Überlastung, negativer Stress) besteht. Die Existenz eines Dosis abhängigen Zusammenhangs (zwischen Distanz der Wind Turbinen und dem Disstress) und die Konsistenz der Assoziation die über alle Studien hinweg in der wissenschaftlichen Literatur gefunden wurde spricht für diese Assoziation. Weitere Forschung auf diesem Gebiet ist notwendig, damit eine kausale Dosis-Wirkungs-Beziehung nachgewiesen werden kann.“*

Multi-Municipal wind turbine working Group, Stelling Report (Stelling 2015)

Dieser erst kürzlich veröffentlichte Report (6/15) fasst alle wichtigen peer-reviewten Artikel bis zum Jahr 2015 zusammen und stellt momentan die umfassendste Übersicht zu den medizinischen Fakten und Daten bezüglich gesundheitlicher Auswirkungen von ILFN dar.

Zusammenfassung:

„Typischerweise haben die regulierenden Behörden Messungen von Infraschall (Schall unterhalb von 20 HZ) und von niedrig frequentem Schall (LFN), der typischerweise von 200 bis 20 HZ auftritt vor allem innerhalb von Häusern, die neben Windturbinen liegen nicht als Voraussetzung für die Inbetriebnahme und als operationales Monitoring vorgeschrieben. Das Gesundheitsrisiko von LFN, der von Windturbinen erzeugt wird wurde von der Windindustrie als nicht signifikant bezeichnet.

Die meisten Schall Messungen für Studien wurden begrenzt auf hörbaren Schall außerhalb von Gebäuden, wobei dBA gewichtete Methoden benutzt wurden (auch nach der deutschen TA Lärm), die nachweislich zur Messung von Infraschall nicht geeignet sind. Einige Studien und Umgebungsmessungen haben sich sogar ausschließlich auf prognostizierte hörbare Durchschnittsgeräusche verlassen, die in Computermodellen erzeugt wurden.

Solche Beobachtungen und Projektionen sind nicht in der Lage akkurate Signaturen des Schall-Musters von Windturbinen wieder zu spiegeln. Im Gegensatz zu den mehr zufälligen natürlichen Schallquellen (Wind, Meeresrauschen mit bekannten Infraschall-Anteilen) stören, von Windturbinen als Schallquellen erzeugte Muster das Ohr und die Verarbeitungsvorgänge im Gehirn. Unser Hören wird streng von der Erkennung von Geräuschemustern geprägt. Daher können wir bei allgemeinem Lärm in einem überfüllten Raum eine einzelne vertraute Stimme heraushören.

Wir wissen eindeutig, dass nicht hörbarer pulsierender Infraschall innerhalb von Häusern, die in der Nähe von Windturbinen stehen, gemessen werden kann. Dies kann bis zu einer Entfernung von 10 Kilometern nachgewiesen werden. Wir wissen auch, dass sehr niedrige Schalldruckpegel von Infraschall und LFN vom Nervensystem registriert werden und den Körper beeinträchtigen, auch wenn dieser Infraschall nicht gehört werden kann.

Ein erkennbares Windturbinen-Signalmuster ist ein tonales Signal, das scharf ansteigt und fällt innerhalb des Infraschall-Rahmens (typischerweise 0,75 HZ, 1,5HZ, 2,25 HZ, 3,0 HZ und so weiter). Es wird vom Passieren des Flügels am Turm erzeugt. Bei diesen Frequenzen werden die Pulsationen mehr gefühlt als gehört. Forschung durch Dr. Alec Salt und andere haben gezeigt, dass nicht hörbarer Infraschall von verschiedenen Systemen im Körper mit einer physiologischen Antwort registriert wird. Das zweite erkennbare Muster ist die Amplituden-Modulation. Dies ist der typische „swoosh“ der ansteigt und abfällt und im hörbaren Bereich angesiedelt ist.

Die Literatur, die in diesem Report zitiert wird impliziert, dass dieser pulsierende Infraschall verantwortlich ist für die meisten der allgemein geschilderten „Sensationen“ die von vielen Menschen erlebt werden, die nahe bei Windturbinen leben. Dazu gehören chronische Schlafstörungen, Schwindel, Tinnitus, Palpitation am Herz, Vibrationen und Druck im Kopf und in der Brust etc.

In ähnlicher Weise gibt es medizinische Forschung (siehe weiter unten im Bericht) die nachweist, dass pulsierender Infraschall eine direkte Ursache für Schlafstörungen sein kann. In der klinischen Medizin, zählt eine chronische Störung der Schlaf-Architektur als Trigger für weitere ernsthaft gesundheitliche Probleme.“

Meilenstein Studien in der Infraschall Forschung:

Grundlagen durch N: Kelly:

Seit 1979 sind die Auswirkungen von LFN wissenschaftlich bekannt. N. Kelley und seine Kollegen haben in den Jahren 1982 bis 1988 fünf wichtige Arbeiten in Peer reviewten Journalen

veröffentlicht (Kelly 1982, 1985, 1987, 1988). Kelley entdeckte damals alle heute bekannten Effekte von ILFN. Seine Arbeiten sind in den folgenden Jahren vergessen worden, da sich die Wissenschaft nicht mehr um ILFN kümmerte.

„The NASA investigation by Dr. Neil Kelley and his colleagues established a link between wind turbine generated impulsive infrasound and low frequency noise and the symptoms (including sleep disturbance) reported by the Boone, North Carolina residents“

Die eindruckliche Bestätigung von Kellys Ergebnissen in den letzten Jahren:

M. Swinbanks (2012) zeigte dass Infraschall auf wesentlich niedrigerem Level perzeptiert wird als früher angenommen.

“Conventional assessments of the perception of infrasound based on mean (rms derived) sound energy levels underestimate the importance of the associated crest factor of very low frequency sound pressure variations”.

Seine Ergebnisse der Stimulation wurden mit unabhängig voneinander berichteten Effekten verglichen, die in anderen Labors beobachtet wurden und sind deckungsgleich.

R. James (2012) Richard James veröffentlichte 2012 einen kurzen Artikel mit dem Titel: “Wind Turbine Infra and Low-Frequency Sound: Warning Signs That Were Not Heard”. Die Ergebnisse lassen sich folgendermaßen zusammenfassen:

- *“There is sufficient research and history to link the sensitivity of some people to inaudible amplitude-modulated infra and low-frequency noise to the type of symptoms described by those living near industrial wind turbines”.*
- *“This information should have served as a warning sign. Experts, some well known in the field of acoustics, have defended the wind industry position through white papers, reports, and testimony in hearings, and through committees that are establishing guidelines for siting industrial-scale wind turbines.*
- *“The acoustics profession and individual acousticians should have recognized the early reports of symptoms by people living near wind turbines as a new example of an old problem. Instead of advocating caution in locating wind turbines near people, the rush for renewable energy took precedence. The position or belief that there was little or no possibility inaudible infrasound and very low-frequency noise could be causing the reported problems has delayed further research and the safe implementation of industrial wind turbines.*
- *“It is the author’s opinion that had past experience and information, which was available prior to the widespread implementation of the modern upwind industrial-scale wind turbine, been incorporated into the government and industry guidelines and regulations used to siting wind turbine utilities, many of the complaints and AHEs (adverse health effects) currently reported would have been avoided“*

Leventhall (2003, 2006, 2009) In seinem Artikel “A Review of Published Research on Low Frequency Noise and its Effects” der als sogenannter DEFRA Report veröffentlicht wurde kommt Leventhall zu folgenden Schlüssen:

“The effects of infrasound or low frequency noise are of particular concern because of ~~is~~ its pervasiveness due to numerous sources, efficient propagation, and reduced efficiency of many structures (dwellings, walls, and hearing protection) in attenuating low frequency noise compared with other noise. ..Exposure to low frequency noise in the home at night causes loss of sleep”.

Er kommt zu folgendem zusammenfassenden Statement am Ende seines Reports:

“There is no doubt that some humans exposed to infrasound experience abnormal ear, CNS, and resonance induced symptoms that are real and stressful. If this is not recognised by investigators or their treating physicians, and properly addressed with understanding and sympathy, a psychological reaction will follow and the patient’s problems will be compounded”.

Bei einem öffentlichen Hearing 2009 in Wisconsin gab der Experte Leventhall folgendes zu Protokoll:
„I am happy to accept the symptoms reported by individuals living near wind turbines including sleep disturbance, headache, tinnitus, ear pressure, dizziness, vertigo, nausea, visual blurring, tachycardia, irritability, problems with concentration and memory, and panic episodes associated with sensations of internal pulsation or quivering when awake or asleep, as they have been known to me for many years as the symptoms of extreme

psychological stress from environmental noise, particularly low frequency noise”.

Basner et al (2014) veröffentlichte 2014 einen bahnbrechenden Artikel im Lancet über ILFN und Schlafstörungen. Die Zusammenfassung lautet:

“Evidence of the non-auditory effects of environmental noise exposure on public health is growing. Observational and experimental studies have shown that noise exposure leads to annoyance, disturbs sleep and causes daytime sleepiness, affects patient outcomes and staff performance in hospitals, increases the occurrence of hypertension and cardiovascular disease, and impairs cognitive performance in schoolchildren”.

“Sleep disturbance is thought to be the most deleterious non-auditory effect of environmental noise exposure . . . because undisturbed sleep of a sufficient length is needed for daytime alertness and performance, quality of life, and health. Human beings perceive, evaluate, and react to environmental sounds, even while asleep”.

„Zusammenfassend zeigt der vorliegende Review Evidenz dafür, dass Lärm nicht nur eine Belästigung ist, die Schlafstörungen verursacht oder die Lebensqualität vermindert, sondern auch zu einer höheren Prävalenz beiträgt für den wichtigsten kardiovaskulären Risikofaktor wie Bluthochdruck und die Inzidenz Kardiovaskulärer Erkrankungen . Die Evidenz die diese Argumentation stützt wird durch zahlreiche experimentelle Laborversuche, durch Feld Studien und epidemiologische Untersuchungen gestützt“

Meta-analyses have been carried out to derive exposure– response relationships that can be used for quantitative health impact assessments. Noise-induced sleep disturbance constitutes an important mechanism on the pathway from chronic noise exposure to the development of adverse health effects“

R. Thorne (2013)

R. Thorne hat sieben Jahre lang akustische Daten von zahlreichen Häusern in der Nähe von WEA gesammelt, so daß er eine kumulative Aussage über langfristige ILFN Exposition treffen konnte. Sein Fazit lautet:

“The findings suggest that the individuals living near the wind farms of this study have a degraded Health-Related Quality of Life through annoyance and sleep disruption and that their health is significantly and seriously adversely affected (harmed) by noise. Based on the results of the study it is argued that, when exposed to wind farm noise and wind turbine generated air pressure variations, some individuals will more likely than not be so affected that there is a known risk of serious harm (also termed ‘significant adverse effect’) to health.”

Nissenbaum & Hanning (2012)

2012 publizierten die Ärzte Nissenbaum und Hanning in einer hoch angesehenen Fachzeitschrift die Ergebnisse ihrer cross-sektionalen Studie, die die Gesundheitseffekte von Personen belegt, die näher als 1.400 Meter Meter von 28 WKA in Aroostook County in Maine entfernt wohnen. Sie ziehen folgenden Schluss:

“The noise emissions of IWTs disturbed the sleep and caused daytime sleepiness and impaired mental health in residents living within 1.4 km of the two IWT installations studied. Industrial wind turbine noise is a further source of environmental noise, with the potential to harm human health. Current regulations seem to be insufficient to adequately protect the human population living close to IWTs. Our research suggests that adverse effects are observed at distances even beyond 1 km. Further research is needed to determine at what distances risks become negligible, as well as to better estimate the portion of the population suffering from adverse effects at a given distance“

Hanning 2013:

Hanning, einer der international anerkanntesten Schlafforscher hat 2013 bei dem „Alberta Utilities Commission Hearing for the Bull Creek wind development.“ folgendes unter Eid ausgesagt:

*"I do not think that there is any dispute **that adequate sleep is essential for human health and well being.** There is a vast literature on the effects of sleep loss on brain function, the heart and circulation, metabolism to name but a few. Anything that causes sleep loss will lead to ill health."*

"I do not think that there is any dispute either that wind turbine noise emissions can disturb sleep and that this is the principle reason for requiring a separation distance between turbines and homes. The separation distance is determined either as an actual minimum distance or by reference to a calculated noise level that has been deemed to be acceptable. The acceptable noise level is derived from a variety of sources..... Until recently, there has been no experimental verification that the recommended noise levels are in fact safe and have no discernable impact on human sleep." (Dies trifft auch auf die gesetzlichen Bestimmungen in Deutschland zu, es wird nach sogenannten Windmodellen am PC berechnet und nicht real gemessen)

"In my expert opinion, there is now more than sufficient evidence to conclude that wind turbine noise impairs the sleep and health of residents living at distances greater than those proposed in the project under consideration. There is a real risk to the sleep and health of any resident living within 1.5km of a turbine".

I base this opinion on three main strands of evidence:

First the anecdotal evidence. Dr Phillips has dealt with this so I will not deal with further with it except to state that I find it convincing.

*Secondly, the various general surveys taken around wind turbine installations including those of **Pedersen and van den Berg in Europe and more recently by Morris and Schneider in Australia**, all of which point to problems with sleep but did not use any specific test instruments for sleep quality. Again, I find the weight of evidence convincing as it all points in the same direction*

*Thirdly, those studies that have used control groups and specific test instruments for sleep. Dr Shepherd's peer-reviewed study used the WHO Quality of Life test instrument which includes elements related to sleep and shows unequivocally that those living within about 1.4km of the turbines had a lower quality of life than those living several kilometres away. Dr Nissenbaum's peer-reviewed study, to which I contributed and am an author, showed convincingly that those living within about 1.5km of wind turbines had worse sleep than those living several kilometres away. This study looked at two different wind turbine facilities. Dr Bigelow's study, sponsored by the Ontario Government at 8 wind turbine sites, used similar sleep specific test instruments to the Nissenbaum study. **The results are very similar and confirm that the closer one lives to a wind turbine installation, the more likely you are to have poor sleep.** This study is complete and the results have been presented as a poster.*

*BluEarth's [the developer's] witnesses claim that there is no sufficient evidence to prove a causal link between wind turbine noise and sleep disruption. The only study of wind turbine noise and well being which does not demonstrate harm is that of Mroczek. The study group included subjects not exposed to turbine noise and the conclusions are not justified by the data. **Every other study shows harm. There is no single, well conducted, controlled and reliable piece of original research which shows that wind turbines do not cause harm at the distances proposed here. Not one***

*"With respect to causality, affected subjects improve when exposure ceases and relapse when exposure restarts. This is prima facie evidence of causality. The studies of Pedersen as well as those of Nissenbaum and Bigelow show **a clear dose-response relationship.** This too is prima facie evidence of causality."*

Der Mediziner und Schlafexperte Hanning legt sich wissenschaftlich fest:

- Es gibt genügend Evidenz dafür, die belegt, dass Lärm von Windturbinen den Schlaf und die Gesundheit von Anwohnern beeinträchtigen kann.
- Es besteht ein reales Gesundheits-Risiko, wenn die Bewohner näher als 1,5 km vom Windrand wohnen
- Es gibt eine Dosis-Wirkungs Beziehung zwischen Abstand von der WEA und den gefundenen Schlafstörungen. Sicher ist dies bis zu einem Abstand von 1,5 Kilometer nachweisbar.
- Es gibt nur eine einzige primäre wissenschaftliche Studie, die dies nicht belegt. Alle anderen Studien bestätigen den oben geschilderten Zusammenhang.

Wechselwirkungen von Infraschall und Vibrationsbelastungen (Körperschall):

WEA emittieren in der Regel tieffrequente Schwingungen und tieffrequenten Luftschall. Beide können je nach Übertragungsstrecke auch ineinander übergehen. Bei der Beurteilung von Infraschall muss daher eine Wechselwirkung mit tieffrequenten Vibrationen berücksichtigt werden. Nach derzeitigen Erkenntnissen muss man davon ausgehen, dass die Wahrnehmungsschwelle für Infraschall durch zusätzlich bestehende Vibrationen herabgesetzt wird. Nach den Ergebnissen von Leventhal (2004) können folgende Schlussfolgerungen gezogen werden:

- das tieffrequente Geräusch wird in der Regel im Innenraum stärker wahrgenommen
- die belästigenden tieffrequenten Geräusche liegen häufig an oder unter der normalen Hörschwelle
- die Belästigung ist umso größer, wenn das tieffrequente Geräusch zeitlich schwankt
- die Wahrnehmung tieffrequenter Geräusche ist nachts häufiger als am Tag

Für die Wechselwirkung Infraschall und Vibrationen gibt es bisher nur Laborstudien (Sueki 1989), die aber eindeutige Ergebnisse ergeben. Sueki untersuchte bei 10, 12,5, 16, 20, 25, 31,5 und 40 HZ die Wahrnehmungsschwelle mit und ohne Vibration (10, 20, 40 HZ). Dabei wird die Wahrnehmungsschwelle für tieffrequente Geräusche gesenkt und dies führt zu verstärkten neuro-psychischen Störungen.

Fazit: Wechselwirkungen zwischen Infraschall und Vibrationen, die beide durch die Flügel der WEA erzeugt werden sind bisher nur experimentell untersucht. Die Ergebnisse legen nahe, dass vor allem die Wahrnehmungsschwelle für Infraschall durch die Wechselwirkung abgesenkt werden kann. Systematische Untersuchungen zu diesem Thema sind unbedingt erforderlich.

Zu 6) Machbarkeitsstudie zu Wirkungen von Infraschall (Krahe et al 2014) Entwicklung von Untersuchungsdesigns für die Ermittlung der Auswirkungen von Infraschall auf den Menschen durch unterschiedliche Quellen. (MSWI)

Das Bundesumweltministerium hatte 2011 das Bundesumweltamt mit der Erstellung einer Machbarkeitsstudie zu Wirkungen von Infraschall (ILFN) beauftragt. Die von externen Gutachtern (Prof. Krahe, Dirk Schreckenber, Fabian Ebner, Christian Eulitz und Ulrich Möhler) verfasste Studie wurde im Oktober 2013 fertiggestellt und im Juni 2014 im Internet publiziert. Die Gutachter haben es sich mit der Sichtung von über 1200 Veröffentlichungen nicht leicht gemacht. Davon wurden 166 kurz im Text zitiert, aber nur die drei des US-amerikanischen Neurobiologen Alec Salt ausführlich besprochen. Es handelt sich um den experimentellen Nachweis, dass die äußeren Haarzellen im Innenohr Druckwellen im ILFN-Bereich in elektrische Signale wandeln können.

Bezüglich schädigender ILFN Symptome wird in der MSWI keine systematische Übersicht erstellt. Erwähnt werden Schlafstörungen als Leitsymptom, Kopfschmerzen, Angstgefühle, Schwindel- und Unbehaglichkeitsempfindungen, Auswirkungen auf Konzentration und Reaktionszeit, auf Nervensystem und Gleichgewichtsorgane und insbesondere Depressionen, als nichtmentale Beeinträchtigungen auch Herz- und Kreislaufprobleme.

Die Studie zeigt eklatante Mängel der Forschung vor allem in Deutschland auf:

-

- Aus der Literaturrecherche kann kein einheitliches Bild zur Ermittlung und Beurteilung von tieffrequenten Schallen abgeleitet werden. Insbesondere in Deutschland existieren nur wenige Untersuchungen, die sich mit Infraschall beschäftigen. Für weitere Vorhaben wurde eine Datenbank erstellt.
- Für die akustische Identifizierung und Bewertung wurden Erhebungsinstrumente entwickelt, die eine erste akustische Beschreibung und Einordnung von potentiellen Infraschallquellen zulassen.
- Die Befragungen der Immissionsschutzbehörden der Länder und die Auswertung von Internetkommunikationen zum Infraschall zeigen eine etwas höhere Belästigung im süddeutschen Raum. Dabei wurden vor allem Belästigungen durch raumlufttechnische Anlagen und Biogasanlagen genannt. In der behördlichen Praxis finden bei Konflikten mit Infraschall im Allgemeinen die TA Lärm und die DIN 45680 Anwendung.
- Es wurde ein Studiendesign für eine interdisziplinäre Feldstudie entwickelt und die wesentlichen Befragungsinhalte und Quellen definiert.

Es besteht somit Forschungsbedarf bezüglich der Häufigkeit des Auftretens, Art und Umfang von Beeinträchtigungen sowie von möglichen Gefährdungen der menschlichen Gesundheit durch tieffrequente Geräusche und Infraschall. Ziel der Machbarkeitsstudie ist es, die Immissionsbelastung durch Infraschall und tieffrequente Geräusche wissenschaftlich aufzubereiten und damit eine Grundlage für weitergehende Untersuchungen zu schaffen. Hierzu wurden fünf Arbeitspakete bearbeitet:

1. Aufbereitung des Standes des Wissens über Infraschallauswirkungen auf den Menschen,
2. Identifizierung von Quellen, von denen Infraschallemissionen in nicht unerheblichem Maß ausgehen können,
3. Feststellung der potentiellen Betroffenheit der Bevölkerung in Deutschland durch Infraschall- und tieffrequente Geräuscheinwirkungen,
4. Entwicklung eines Studiendesigns für Wirkungsuntersuchungen über Infraschallimmissionen auf den Menschen,
5. Vorschläge für die Weiterentwicklung der vorhandenen Regelwerke zum Immissionsschutz hinsichtlich der Behandlung von Infraschall.

Zusammenfassende medizinische Beurteilung der MSWI, Stand Oktober 2015:

- Bei der Erstellung der Literaturübersicht wurden vor allem Arbeiten bis zum Jahr 2012 berücksichtigt. Wie in den oben erläuterten Ausführungen ersichtlich, sind aber gerade in den Jahren 2012 bis 2015 wichtige neue Arbeiten erschienen, die in der MSWI nicht berücksichtigt werden konnten.
- Schwerpunkt der Studie sind nicht die gesundheitlichen Auswirkungen und deren medizinisch-wissenschaftliche Erforschung, sondern technische Aspekte zum Infraschall. Alle Autoren der Studie sind Schallfachleute und Ingenieure aber keine Mediziner
- Obwohl seit Jahren in Deutschland von den Behörden WEA genehmigt werden, deckt die Studie erhebliche Mängel in den Meßverfahren auf. Es wird ausdrücklich die rechtsgültige TA Lärm als wissenschaftlich veraltet kritisiert und es werden auch konkrete Verbesserungsvorschläge genannt.
- Obwohl in Deutschland Tausende von Windrädern in Betrieb sind und auch Tausende von Patienten über gesundheitliche Beschwerden klagen und in zahlreichen Gerichtsverfahren grundsätzlich abgelehnt werden (Berufung auf die veraltete TA Lärm) hat bisher keine staatliche Behörde systematische Studien in Auftrag gegeben, die gesundheitliche Gefahren von WEA unter modernen schall-wissenschaftlichen Gesichtspunkten untersucht. Dies wird von Prof Krahe und seinen Kollegen

ausdrücklich angemahnt und es wurden zumindest Studiendesigns entworfen.

Aus medizinischer Sicht ist es schon sehr bedenklich, dass seit gut 20 Jahren WEA täglich in Deutschland genehmigt werden und von Seiten des Staates keinerlei systematische Forschungsstruktur gefördert wird, die die gesundheitlichen Auswirkungen von WEA untersucht. International erfolgt dies z.B. in Kanada, USA, England, Neuseeland, Dänemark und Australien auf Initiative des Staates und auch mit Forschungsgeldern aus staatlichen Ressourcen.

Zusammenfassung:

- Infraschall wird definitionsgemäß nicht gehört, aber von den äußeren Haarzellen im Ohr wahrgenommen und er löst – wie im Gutachten gezeigt - komplexe oto-neurologische Reaktionen aus. Infraschall kann auch deutlich unterhalb der sogenannten Wahrnehmungsschwelle von 90 dB bereits ab 40 dB vom menschlichen Gehirn registriert werden. Dies wird durch eine überwältigende Zahl wissenschaftlicher Arbeiten gestützt.
- Natürlicher und künstlich erzeugter Infraschall sind eindeutig durch eine typische Schallsignatur von WEA zu unterscheiden. Natürlicher Infraschall wird vom Gehirn als nicht störend registriert, künstlich erzeugter Infraschall löst in Abhängigkeit von der Entfernung zur WEA und der Immissionsdauer eine chronische Stressreaktion aus. Dies sind insbesondere chronische Schlafstörungen, Schwindel, Bluthochdruck, Herzbeschwerden, Tinnitus, Depressionen und Angstzustände
- Vor allem internationale Studien aus den USA, Kanada, Australien, Neuseeland und England belegen den ursächlichen Zusammenhang von Infraschall-Emission und gesundheitlichen Beeinträchtigungen sensibler Bewohner abhängig vom Abstand der Wohnbebauung. Bis zu einer Entfernung von 2.000 Metern sind im Durchschnitt 20-30% der Gesamt-Bevölkerung durch gesundheitliche Beschwerden betroffen. In Einzelfällen sind gesundheitliche Schäden auch über größere Entfernungen bis 10 km nachweisbar.

Die deutsche Ärzteschaft ist hochbesorgt und hat daher auf dem Deutschen Ärztetag vom 12.-15. Mai 2015 in Frankfurt mit breiter Mehrheit folgenden Beschluss gefasst:

Der 118. Deutsche Ärztetag 2015 fordert daher die Bundesregierung auf, die Wissenslücken zu den gesundheitlichen Auswirkungen von Infraschall und tieffrequentem Schall von Windenergieanlagen (WEA) durch wissenschaftliche Forschung zu schließen sowie offene Fragen im Bereich der Messmethoden zu klären und gegebenenfalls Regelwerke anzupassen, damit der Ausbau und der Betrieb von WEA mit Bedacht, Sorgfalt, ganzheitlicher Expertise, Nachhaltigkeit und gesamtgesellschaftlicher Verantwortung erfolgen kann. Insbesondere bei den gesundheitlichen Auswirkungen von Infraschall (< 20 Hz) und tieffrequentem Schall (< 100 Hz) durch Immissionen und Emissionen von Windenergieanlagen bestehen noch offene Fragen, z. B. zur Wirkung von Schall unterhalb der Hörschwelle oder von tiefen Frequenzen bei steigender Expositionsdauer. Des Weiteren sollte ein Anpassungsbedarf bei Messmethoden und Regelwerken geprüft werden, z. B. bei der Übertragbarkeit von Abstrahlungs- und Ausbreitungsmodellen für kleinere WEA auf große Anlagen sowie bei verbindlichen Regelungen von Messung und Beurteilung tiefer Frequenzen (0,1 bis 20 Hz).

Kernziele:

- *Systematische, transparente, ergebnisoffene, empirische Erforschung des in den menschlichen Organismus eindringfähigen niedrigen Frequenzbereiches Vernetzung mit den im Ausland schon seit Langem auf diesem Gebiet forschenden Gruppen*

- *Kontinuierliche Veröffentlichung der Ergebnisse, der Untersuchungsmethodik Stopp eines zu nahen Ausbaus an Siedlungen, bis hinreichend belastbare Daten vorliegen, die eine Gefährdung sicher ausschließen.*
- *Bei den Abstandsproblemen, der Geräusentwicklung und dem Schattenwurf sind neben der Anlagenhöhe ebenso die Windradpositionen zur Siedlung in Abhängigkeit von der topografischen Gegebenheit, der Hauptwind- und Sonnenstrahlenrichtung zu berücksichtigen. Steht beispielsweise ein Windradpark auf der wind- und sonnenzugewandten Seite vor einer Siedlung, so werden Schallausbreitung und Schattenwurf für die Siedlung störender sein, als wenn sich der Windpark hinter dieser Siedlung befindet.*
- *Eine reformbedürftige technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm (TA-Lärm), die nur unzureichend schützt, kann nicht noch weiterhin als Schutzvorschrift gebraucht werden. Die dadurch initiierte Schallforschung spielt auf allen Ebenen der Schallbelastung eine gesundheitsschützende Rolle, also nicht nur bei Windenergieanlagen.*
- *Wichtig ist auch die Untersuchung von Körperschall (tieffrequente Festkörpervibrationen von 100 Hz bis 0,1 Hz), welcher ebenso in gefährlicher Form von den modernen Windenergieanlagen ausgeht. Körperschall entsteht auch schon, wenn die Rotoren der WEA noch gar nicht laufen, allein bedingt durch die Biegeschwingungen der extrem hohen Türme der Anlagen. Er wird über die Fundamente in den Umgebungsboden übertragen. Je nach topologischer und geomorpher Situation (Bodenschichtungen) am Standort solcher Anlagen, kann der Körperschall ohne weiteres bis 10 km und weiter als Immission in die Wohnbebauung eingetragen werden. Den Infrasschall (luftseitig) hier nur alleinig zu betrachten und zu untersuchen, ist somit nicht ausreichend, um erklärbare und brauchbare Erkenntnisse zu bringen.*
- *Daher müssten im Rahmen von Messungen zur Beurteilung der Gesundheitsgefahr zukünftig immer zusätzlich zu den Außenmessungen auch Innenmessungen in den Häusern durchgeführt werden (an Stelle der bisher hier üblichen Praxis von akustischen Berechnungen).*
- *Die Wechselwirkungen von Körperschall und Luftinfrasschall können die Wahrnehmungsschwelle betroffener Personen deutlich nach unten versetzen. Gesundheitliche Probleme dieser Personen können daher schon bei sehr niedrigen Pegeln auftreten.*

Der Beschluss des Deutschen Ärztetages 2015 zeigt deutlich einen akuten Handlungsbedarf von Seiten der Politik. Die Gesundheit der Bevölkerung ist in weitem Umfang nicht geschützt und sogar gefährdet.

Werden die politischen Vorgaben (Energiewende) konsequent umgesetzt, dann steht bis zum Jahr 2030 im Durchschnitt alle 2-3 km eine WEA in Deutschland. Nach unseren Berechnungen müssen dann mindestens 5 Millionen Menschen mit deutlichen bis schwerwiegenden gesundheitlichen Auswirkungen rechnen. Dazu gehören dann auch alle medizinischen und psychischen Folgeerkrankungen, die im Rahmen der chronischen Stressbelastung auftreten werden.

Aus fachlich-medizinischer Sicht kann man aufgrund der eindeutigen negativen wissenschaftlichen Daten nicht von einer gesundheitlichen Unbedenklichkeit von WEA nach den derzeitigen gesetzlichen Regelungen incl. der TA Lärm ausgehen.

Der momentane gesetzliche Genehmigungsrahmen ist seit dem letzten Weltkrieg der größte unfreiwillige Feldversuch an Millionen von Menschen zum Thema Krankheit durch Infrasschall. Im wissenschaftlichen Bereich würde eine derartige unkontrollierte Massen-Untersuchung von keiner Ethik Kommission genehmigt werden.

Für die AG Medizin der Projektleiter

Dr. med. Johannes Mayer

Literatur:

- Berglund, B, Lindvall, T, and Schwela, D, Ed. (2000) "Guidelines for Community Noise". World Health Organization, Geneva, 2000
- Bauer, J. (2008). *Das Gedächtnis des Körpers*, Piper Verlag, S. 35 - 39.
- Berglund, A. M., & Brown, M. C. (1994). Central trajectories of type II spiral ganglion cells from various cochlear regions in mice. *Hearing Research*, 75, 121-130.
- Birbaumer N. und Schmidt R. (2010). *Biologische Psychologie*, Springer Verlag, S.429
- Brown, M. C., Berglund, A. M., Kiang, N. Y., & Ryugo, D. K. (1988). Central trajectories of type II spiral ganglion neurons. *Journal of Comparative Neurology*, 278, 581-590.
- Cheatham, M. A., & Dallos, P. (2001). Inner hair cell response patterns: Implications for low-frequency hearing. *Acoustical Society of America*, 110, 2034-2044.
- Drexler, M., Überfuhr, M., Weddell, T.D., Lukashkin, A.N., Wiegrebe, L., Krause, E., Gürkov, R. (2013). Multiple Indices of the 'Bounce' Phenomenon Obtained from the Same Human Ears. *Journal of the Association for Research in Otolaryngology*. (e-pub, before print copy) 10.1007/s10162-013-0424-x
- Godfrey, D. A., Godfrey, T. G., Mikesell, N. I., Waller, H. J., Yao, W., Chen, K., & Kaltenbach, J. A. (1997). Chemistry of granular and closely related regions of the cochlear nucleus. In J. Syka (Ed.), *Acoustical signal processing in the central auditory system* (pp. 139-153). New York, NY: Plenum Press.
- International Organization for Standardization. (2003). *ISO226: 2003: Normal equal loudness level contours*. Geneva, Switzerland: Author.
- Jung, S. S., & Cheung, W. (2008). Experimental identification of acoustic emission characteristics of large wind turbines with emphasis on infrasound and low-frequency noise. *Journal of the Korean Physical Society*, 53, 1897-1905.
- Kaltenbach, J. A. (2006). The dorsal cochlear nucleus as a participant in the auditory, attentional and emotional components of tinnitus. *Hearing Research*, 216, 224-234.
- Kaltenbach, J. A., & Godfrey, D. A. (2008). Dorsal cochlear nucleus hyperactivity and tinnitus: Are they related? *American Journal of Audiology*, 17, S148-S161.
- Kaltenbach, J. A., Rachel, J. D., Mathog, T. A., Zhang, J., Falzarano, P. R., & Lewandowski, M. (2002). Cisplatin-induced hyperactivity in the dorsal cochlear nucleus and its relation to outer hair cell loss: Relevance to tinnitus. *Journal of Neurophysiology*, 88, 699-714.
- Møller, H., & Pederson, C. S. (2004). Hearing at low and infrasonic frequencies. *Noise and Health*, 6, 37-57.
- Oertel, D., & Young, E. D. (2004). What's a cerebellar circuit doing in the auditory system? *Trends in Neurosciences*, 27, 104-110.
- Salt, A.N. (2004). Acute endolymphatic hydrops generated by exposure of the ear to nontraumatic low frequency tone. *Journal of the Association for Research in Otolaryngology*. 5, 203-214.
- Salt, A. N., & Kaltenbach, J. A. (2011). Infrasound from wind turbines could affect humans. *Bulletion of Science, Technology & Society* 31(4), 296-302
- Salt, A. N., & Lichtenhan, J. T. (2014). *Acoustics Today, Winter 2014*, 20 - 28.
- Salt, A. N., & Lichtenhan, J. T. (2011). Responses of the inner ear to infrasound. *Fourth International Meeting on Wind Turbine Noise, Rome, April 2011*.

Shore, S. E. (2005). Multisensory integration in the dorsal cochlear nucleus: Unit responses to acoustic and trigeminal ganglion stimulation. *European Journal of Neuroscience*, 21 ,3334-3348.

Van den Berg, G. P. (2006). The sound of high winds: The effect of atmospheric stability on wind turbine sound and microphone noise (*Doctoral dissertation*). University of Groningen, Netherlands. Retrieved from <http://dissertations.ub.rug.nl/faculties/science/2006/g.p.van.den.berg/>

Christian Koch, FB 1.6,  christian.koch@ptb.de www.ptb.de

Claire Paller (2014) 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

Dooley, Kevin A., and Andy Metelka. (2014) "Acoustic interaction as a primary cause of infrasonic spinning mode generation and propagation from wind turbines." In *Proceedings of Meetings on Acoustics*, vol. 20, no. 1, p. 040002. Acoustical Society of America,

Dooley, Kevin Allan, and Elwood A. Morris. (2104) "Systems and methods for control of motion sickness within a moving structure due to infrasound pressures." U.S. Patent Application 14/478,468, filed September 5,

Macefield, Vaughan G., and Darren K. Walton (2015). "Susceptibility to motion sickness is not increased following spinal cord injury." *Journal of vestibular research: equilibrium & orientation* 25, no. 1 (2015): 35-39.

M. Alves-Pereira, N.A.A. Castelo Branco (2007) Vibroacoustic disease: Biological effects of infrasound and low frequency noise explained by mechanotransduction cellular signaling. *Progress Biophysics & Molecular Biology* 93 (2007) 256-279.

Nuno A. A. Castelo Branco, Mariana Alves-Pereira, Augusto Martinho Pimenta, José Reis Ferreira, (2015) Low Frequency Noise-Induced Pathology: Contributions Provided by the Portuguese WindTurbine Case EuroNoise 2015 31 May - 3 June, Maastricht

Steven Cooper; (2014) The result 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/>

Arra I, Lynn H, Barker K, et al. (May 23, 2014) Systematic Review 2013: Association Between Wind Turbines and Human Distress. *Cureus* 6(5): e183. doi:10.7759/cureus.183

Keith Stelling, MA, (McMaster) MNIMH, MCPP (England), Reviewed by William K. Palmer, P. Eng. Carmen Krogh, BSc (Pharm), provided comments on the health component
An information report prepared for the MULTI-MUNICIPAL WIND TURBINE WORKING GROUP
MARK DAVIS, DEPUTY MAYOR, ARRAN-ELDESLIE, CHAIR / STEWART HALLIDAY, DEPUTY MAYOR, GREY HIGHLANDS, CO-CHAIR, 1925 BRUCE ROAD 10, BOX 70, CHESLEY, ON NOG 1L0 / 519-363-3039 / FAX: 519-363-2203 areld@bmts.com

N. D. Kelley, R. R. Hemphill, M. E. McKenna. "A Methodology for Assessment of Wind Turbine Noise Generation", 1982 . (First published in *J. Solar Engineering*, Vol. 21 (1981), pp.341-356).

E. W. Jacobs, N. D. Kelley, H. E. McKenna, N. J. Birkenheuer. "Wake Characteristics of the MOD-2 Wind Turbine at Medicine Bow, Wyoming". November 1984.

N. D. Kelley, H. E. McKenna, R. R. Hemphill, C. I. Etter, R. I. Garrelts, N. C. Linn. "Acoustic Noise Associated with the MOD-1 Wind Turbine: Its Source, Impact, and Control". February 1985 . (First published by the Solar Energy Research Institute, February 1985). (262 pages)

N.D. Kelley. "A Proposed Metric for Assessing the Potential of Community Annoyance from Wind

Turbine Low-Frequency Noise Emissions”, November 1987.

N. D. Kelley, H. E. McKenna, E. W. Jacobs, R. R. Hemphill, J. Birkenheuer. “The MOD-2 Wind Turbine: Aeroacoustical Noise Sources, Emissions, and Potential Impact” . Solar Energy Research Institute. Prepared for the U.S. Department of Energy, January 1988

Swinbanks, M. (2012) “The Audibility of Low Frequency Wind Turbine Noise”. Fourth International Meeting on Wind Turbine Noise , Rome Italy, 12-14 April 2011 Inter.Noise USA,

James, R. (2012) “Wind Turbine Infra and Low- Frequency Sound: Warning Signs That Were Not Heard”. Bulletin of Science, Technology & Society 32(2) 108 –127. DOI: 10.1177/0270467611421845

Leventhall, G, Pelmear, P, & Benton, S. (2003) “A Review of Published Research on Low Frequency Noise and its Effects Report for Defra”. Published by the Department for Environment, Food and Rural Affairs, (DEFRA), May,

Leventhall, G. (2006) “Infrasound from wind turbines: Fact, fiction or deception?” Canadian Acoustics, 34, 29-36, 2006.

Leventhall, G. (2009) “Wind turbine syndrome: An appraisal Hearing before the Public Service Commission of Wisconsin”, 2009

Basner, M, Babisch, W, Davis, A, Brink, M, Clark, C, Janssen, S, Stansfeld, S. (2014) “ Auditory and nonauditory effects of noise on health. Lancet 2014; 383: 1325– 32

Basner, et al. (2011) “Cardiovascular effects of environmental noise exposure”. Noise literature review 2011-2014, 835

Thorne, R. “ (2013) Wind Farm Noise and Human Perception A Review”. Noise Measurement Services, Pty. Ltd, Queensland, Australia, p. 92

Michael Nissenbaum MD, Northern Maine Medical Center, Fort Kent, Maine, USA and Christopher Hanning, MB, BS, MD, University Hospitals of Leicester, Leicester, UK. 2011

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.

Opening Statement of Dr Christopher Hanning BSc, MB, BS, MRCS, LRCP, FRCA, MD. (2013) Alberta Utilities Commission Hearing for development of wind power plant and associated substation in the Provost area (“Bull Creek”). Proceeding Number 1955 18th November 2013

Leventhall, HG. (2004): Low frequency noise and Annoyance. Noise and Health 6(23); 59-72

Sueki, M.; Noba, M.; Nakagomi, Kubota, S.; Okamura, A.; Kosaka, T.; Watanabe, T.; Yamada, S. (1989): Study on Mutual Effects of Low Frequency Noise and Vibration. J. Low Fre-quency Noise and Vibration 8, 66-75

Krahe, D., Schreckenber, D., Ebner, F., Eulitz, C., Möhler, U., (2014) *Machbarkeitsstudie zu Wirkungen des Infraschalls*, (2014), www.umweltbundesamt.de (PDF)