



Bürgerinitiative Gegenwind Lusshardt St.-Leon-Rot e.V. - Karl-Heinz Jähnke, Beisitzer Technik v423102019

## **Das Problem der Windkraftanlagen – meßtechnische Kurzfassung**

Das Festhalten an den veralteten Vorschriften der DIN 45680 sowie der TA Lärm und die gebetsmühenhafte Wiederholung des Satzes im LUBW-Meßbericht: Die gemessenen Schalldruckpegel liegen unterhalb der Wahrnehmungsschwelle ergeben nur einen Sinn, wenn von vornherein vorausgesetzt wird: Was ich nicht wahrnehme, kann mir auch nicht schaden. Das ist falsch. Technischer Infraschall schädigt, insbesondere im Bereich von 0,1-5 Hz!

Die Hör- bzw. Wahrnehmungsschwellen unter Realbedingungen der Immissionen von WKA sind überhaupt nicht maßgebend.

**Es handelt sich stets um Kombinations- und Wechselbelastungen von Hörschall, Infraschall und Körperschall!**

Im LUBW-Meßbericht werden ausschließlich die Emissionen einzelner Windanlagen im Freien untersucht und aus den Ergebnissen abgeleitet, dass die gemessenen Pegel unter der Wahrnehmungsschwelle liegen. Zum einen können zwei oder mehrere WEA Zusammenwirken und höhere Emissionswerte erreichen als einzelne. Zum andern können sich der Körperschall, der mit wesentlich höherer Schallgeschwindigkeit und großen Reichweiten über den Untergrund weitergeleitet wird und der Luftschall, der verzögert zum Beispiel an einem Wohnhaus ankommt in ihrer Wirkung ergänzen und addieren.

**LUBW = Landesamt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg**

**Gesundheitsgefahr durch die Anwendung überholter Normen und Richtlinien zur Bewertung von Schall, generiert durch große Windkraftanlagen**

### **Zusammenfassung**

Die rechtlichen Grundlagen für die Genehmigung und den Betrieb von Windkraftanlagen (WKA) sollen die Basis für den Schutz der Allgemeinheit und der Nachbarschaft vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Geräusche sowie der Vorsorge gegen schädliche Umwelteinwirkungen bilden (TA Lärm Kap. 1, Bundes-Immissionsschutzgesetz). Diese Grundlagen entsprechen nicht mehr dem Stand des Wissens und der Technik.

- Nach TA Lärm A 2.3.1 soll die Berechnung der Immissionspegel in Oktaven, in der Regel für die Mittenfrequenzen 63 bis 4000 Hz erfolgen. Ein großer Teil der Schalleistung von WKA wird aber im tieffrequenten Bereich emittiert. Diese Schalleistungen der WKA bleiben unberücksichtigt. (DIN 9613-2 (1999)).
- Tieffrequenter Schall unter 10 Hz wird nach den derzeitigen Richtlinien nicht gemessen. (DIN 9613-2 (1999)). Aber gerade im Bereich 0,1 bis 8 Hz treten beim Betrieb von WKA hier charakteristische Frequenzen auf.
- Der Schalldruckpegel des tieffrequenten Schalls unter 125 Hz wird in der derzeitigen üblichen A-Bewertung unterschätzt und durch Filter weitgehend unterdrückt.

- Neue Erkenntnisse im In- und Ausland sind bei den bisherigen Veröffentlichungen staatlicher Stellen und bei den behördlichen Entscheidungen in Deutschland nicht eingeflossen.
- Tieffrequenter Schall wird bei den Gefahrenabwägungen nicht berücksichtigt. Gerade dieser tieffrequente Schall hat nach neueren Erkenntnissen erhebliche Auswirkung auf die Gesundheit. Die andauernde Einwirkung auf den Menschen stört und schädigt die Gesundheit der Betroffenen insbesondere während der für die Erholung unabdingbaren, nächtlichen Schlafphase.
- Die derzeit noch gültigen, jedoch nach einhelliger Fachmeinung technisch überholten, Vorschriften fokussieren sich primär auf die Bewertung von deutlich hörbarem Lärm (TA-Lärm von 1998 und DIN 45680 Stand 1997 sowie im Entwurfsstand von 2013). Diese Betrachtungsweise wird den **akustischen Randbedingungen von großen Windkraftanlagen nicht gerecht**, da weder Infraschall unter 10 Hz noch schmalbandige tonale Spitzen gemessen bzw. berücksichtigt werden. Körperschall findet überhaupt keine Beachtung. **Genau diese Faktoren sind jedoch die mit gesundheitlicher Relevanz.**
- Von Windkraftanlagen wird zweifelsfrei Infraschall und tieffrequenter Schall mit sehr **speziellen Frequenzmustern** emittiert, der sich von dem sonstigen Infraschall und tieffrequentem Schall (z.B. Wind, Meeresrauschen, Kraftfahrzeuge) in seiner spektralen Zusammensetzung und Wirkdauer erheblich unterscheidet. Dies gilt insbesondere für die neuen Anlagen der 2 bis 7,6 Megawatt Klasse (150 bis deutlich über 200 Meter hoch).
- Große Windkraftanlagen emittieren Frequenzen bis 0,1 Hz herab (Wellenlänge 3400 m), welche bei den bisher angewendeten Normen, Mess- und Auswertemethoden **unterdrückt oder gar nicht erfasst** werden. Die durchweg festgeschriebene **Terz- bzw. Oktav-Analyse mittelt** zudem einzelne Frequenzspitzen weg.
- Tonale Spitzen der Einzelfrequenzen werden bei der heute üblichen Praxis der Mittelwertbildung in Terz-/Oktav-Spektren weggemittelt. In einer hochauflösenden Fourieranalyse sind diese Spitzen deutlich zu erkennen und heben sich um mehr als 10 dB vom allgemeinen Geräusch ab. Diese tonalen Anteile (Frequenzspitzen) im Schallspektrum wirken dabei störender und schädlicher als breitbandiges Rauschen. Tonale Spitzen (Informationshaltigkeit) im hörbaren Bereich erfordern nach TA Lärm A 3.3.5 einen Zuschlag von 3 oder 6 dB. Zuschläge für die tonalen Spitzen im Bereich unter 8 Hz sind auch für den nicht hörbaren Infraschall vorzusehen, z.B. 6 dB.
- Die **Wechselwirkungen zwischen Körper- und Luftschall** sind in den heutigen Normen nicht berücksichtigt.
- Das für die Schallausbreitung benutzte Prognoseverfahren nach **DIN 9613-2**, welches nur für Anlagen bis zu einer Höhe von 30 Meter zu zuverlässigen Aussagen führt, ist **für heutige, große Windkraftanlagen nicht mehr geeignet**. Die Schallausbreitung wird dadurch fehlerhaft berechnet, die tatsächlichen Schallimmissionswerte sind, speziell in **Mitwindrichtung**, signifikant höher als die berechneten Werte. Die Unzulänglichkeiten wurden 2015 nochmals bestätigt durch Untersuchungen von Engelen, Ahaus und Piorr.
- Die in der TA Lärm A 2.3.1 in Verbindung mit **DIN ISO 9613** festgelegten Verfahren gehen von Oktavband-Algorithmen für Bandmittenfrequenzen von **63 bis 4.000 Hz**, in besonderen Fällen bis 8.000 Hz, aus. **Der tieffrequente Bereich wird nicht abgedeckt.**
- Der zur Erstellung von Schallprognosen anhand DIN 9613-2 und TA-Lärm herangezogene Außen-Schallpegel ignoriert die Hauptbelastung von Betroffenen. **Tieffrequenter Schall dringt auf Grund seiner großen Wellenlänge nahezu ungehindert in die Innenräume und kann dort durch Schallreflexionen und Überlagerungen sogar örtlich zu verstärkten Schalldruckwerten führen.** Im Raum auftretende, unterschiedlich starke Brummgeräusche, Schwebungen und Schwingungen sind die Folge. Nur den **Außen-Schallpegel zu bewerten ist folglich nicht ausreichend.**

## Fazit:

Die in den Erlassen der einzelnen Bundesländer pauschal festgelegten Abstände zu Einzelhäusern und zur Wohnbebauung sind für heutige, große Windkraftanlagen bei weitem zu gering. Die tieffrequenten Anteile in der Schallemission von WKA werden nicht berücksichtigt. In Folge dessen führen die Schallemissionen der Windkraftanlagen anfangs zu massiver Belästigung und bei längerer Einwirkzeit gesundheitlichen Langzeitschäden bei einem signifikanten Anteil der Anwohner (ca. 20 bis 30%).

Der derzeitige rechtliche Rahmen für die Genehmigung und den Betrieb von Windkraftanlagen ist in keiner Weise ausreichend, den nach GG Art 2 garantierten Schutz der Gesundheit zu gewährleisten.

Nach dem australischen Akustiker Steven Cooper müssten 50 dB angesetzt werden! Danach sind dann über 20 km (!!!) Abstand anzusetzen.

Die Weltgesundheitsorganisation (WHO) empfiehlt 40 db als Abstand zu Wohngebieten.

Das Schleswig-Holsteinisches Oberlandesgericht Aktenzeichen: OLG 7 U 140/18 vom 26.03.2019 führt aus: ..... "Der Senat weist in diesem Zusammenhang darauf hin, dass die Grenzwerte der TA-Lärm vom 26.8.1998 (GMBL 1998, S. 503-509) bereits über 20 Jahre alt sind und hier möglicherweise neuere Erkenntnisse zu berücksichtigen sind."

Bis zur definitiven Klärung halten wir als Sofortmaßnahme einen Sicherheitsabstand von **15-mal Höhe der Windkraftanlage für angemessen**, um einen mehr ausreichenden Schutz der Gesundheit erreichen zu können.

Als absolutes Minimum (bei weiterhin deutlichen Gesundheitsrisiken) ist ein Mindestabstand zu Wohnhäusern nach der 10-H-Regel in Anlehnung an die Länder-Öffnungsklausel und die Vorgaben in Bayern erforderlich. **In Deutschland darf der Schutz der Gesundheit nicht unterschiedlich bewertet werden.**

Die einzige Schutzmöglichkeit vor den Beeinträchtigungen durch Lärm und Infraschall besteht nur darin, die Mindestabstände zur Besiedlung ausreichend groß zu halten.

In der Mehrzahl der zivilisierten Länder ist das bereits geschehen. In den USA gilt ein Mindestabstand von 2,5 km, in England (Irland) wurde durch ein Gesetz im Jahr 2010 beschlossen, dass für WKA von >150 m Höhe der Mindestabstand 3000 m betragen muss. In Bayern gilt die 10H-Regel.

Literaturhinweis:

- (1) Müller, Wolfgang: Krankmacher Windkraftanlagen? Auswirkungen des Infoschalls auf unsere Gesundheit. Eine Dokumentation. Neusatz Verlag.
- (2) Holler, Christian & Gaukel, Joachim: Erneuerbare Energien ohne heiße Luft. UIT Cambridge.
- (3) Etscheid, Georg (Hrsg.): Geopferte Landschaften wie die Energiewende unsere Umwelt zerstört. Heyne.
- (4) Limburg, Michael & Mueller, Fred F.: Strom ist nicht gleich Strom. Warum die Energiewende nicht gelingen kann. Europäisches Institut für Klima und Energie. Bd. 4.

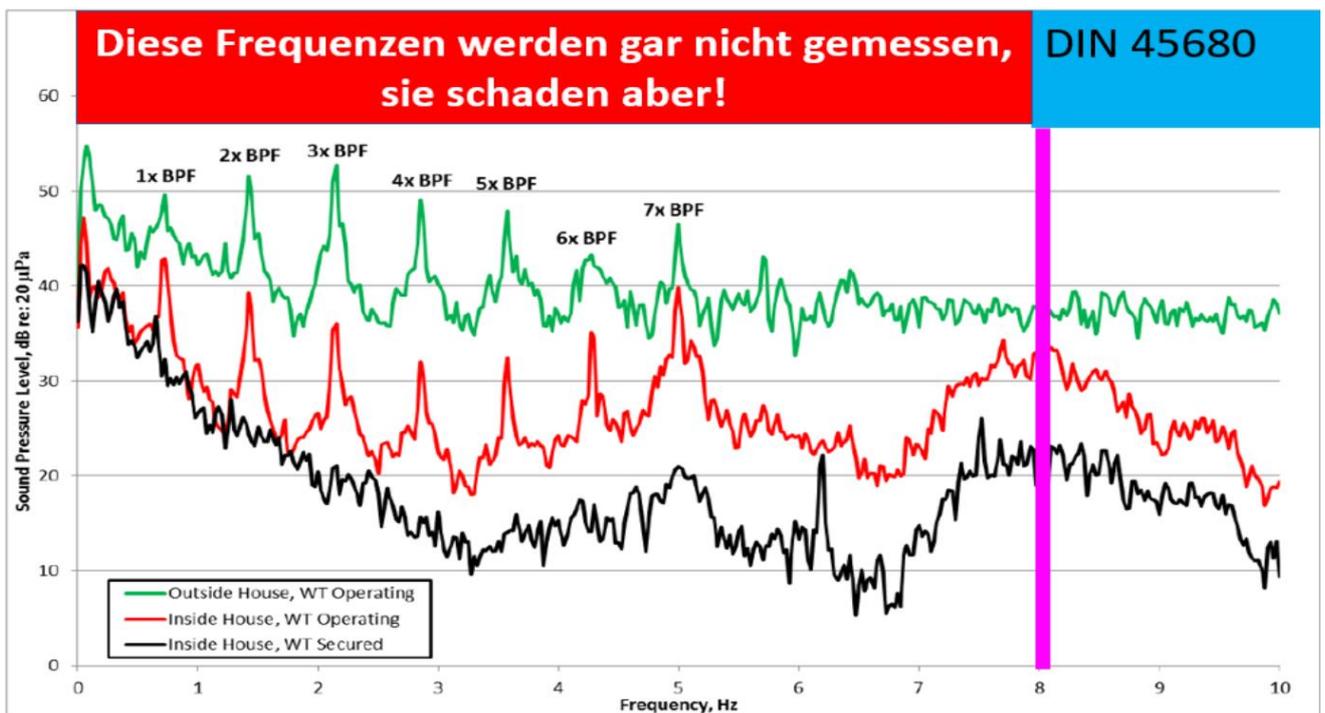
Weiteres Quellenmaterial ist einfach zu umfangreich um hier abgebildet werden zu können. Laut UBA Machbarkeitsstudie Infraschall 40/2014 S14 Literaturrecherche 1200 (!) Beiträge zum Thema in 2013

## Die korrekte Messung des technischen Infraschalls

Wie zuvor dargelegt, endet die gesetzlich vorgegebene TA Lärm/DIN 45680 wie hier aus dem Schaubild zu ersehen bei 8 Hz. Unter Verwendung von qualifiziertem Meßequipment bekommt man einen Schalldruckpegel als Funktion von der Frequenz wie unten abgebildet.

Deutlich zu sehen die fast symmetrisch gepulsten Druckwellen (industriell-technischer Infraschall) im Bereich von 0,1-5 Hz. Nach dem Dosis-Wirkungsprinzip bezogen auf die Zeit macht es ca. 20-30 % der Menschen und schlussendlich auch die Säugetiere krank.

Die krankmachenden Signale grün und rot liegen über dem Rauschen (Linie schwarz), damit kann nicht bestritten werden, dass dieser gepulste Infraschall wirkt. Wenn man aus der Grafik den Dynamikbereich zwischen 20 und 50 dB sieht, sind es unter einem logarithmischen Maßstab schon gewaltige Druckimpulse die da wirken.



Quelle: Korrekte Messungen an Windkraftanlagen (Michael Bahtiarian): 211 Blacksmith Shop Road, Falmouth, MA on December 13, 2014, Wind: NW 8 mph. Vestas 1, 65 MW 78m, 1421/2792m  
By: NOISE CONTROL ENGINEERING, LLC, Billerica, MA01821. Nach unseren Informationen hat nach diesen Messergebnissen ein Gericht verfügt, dass die Anlage nachts abgeschaltet werden muss.

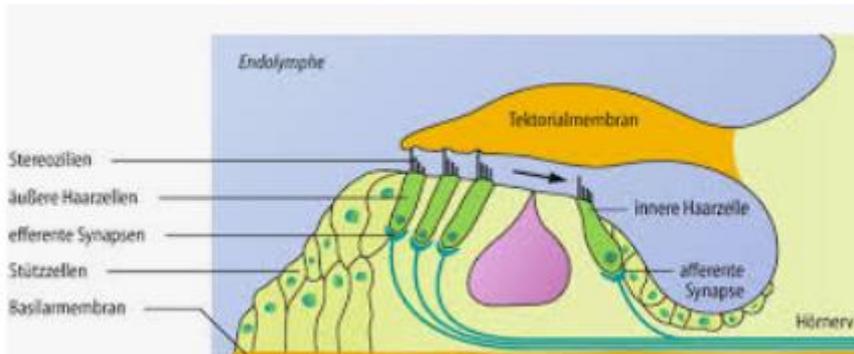
## Wie wird Infraschall wahrgenommen?

### 1. Durch vestibuläre Reize (aural)

Gleichgewichtssinn. ... Der Gleichgewichtssinn setzt sich aus mehreren Einzelsinnen zusammen: Der vestibulären Wahrnehmung, die die Richtung der Gravitation und von Beschleunigung bestimmt; der visuellen Wahrnehmung, die die Orientierung im Raum feststellt; dem Tastsinn und der Tiefensensibilität.

Die langwelligen Infraschallwellen werden über den Gehörgang in den otovestibulären Apparat geleitet und reizen in der Cochlea die Basalmembran und verursachen je nach Elastizität ein Bewegungsgefühl. Der Infraschall führt zu einer Bewegung der Kalkkristalle auf der Basalmembran und somit zu einer Reizung und Signalauslösung.

Die tiefen Frequenzen (Infraschall) werden über die äußeren Haarzellen wahrgenommen und weitergeleitet und erhalten dadurch noch eine **Verstärkung**, gegenüber dem NF-Sprachbereich der über die inneren Haarzellen geht.

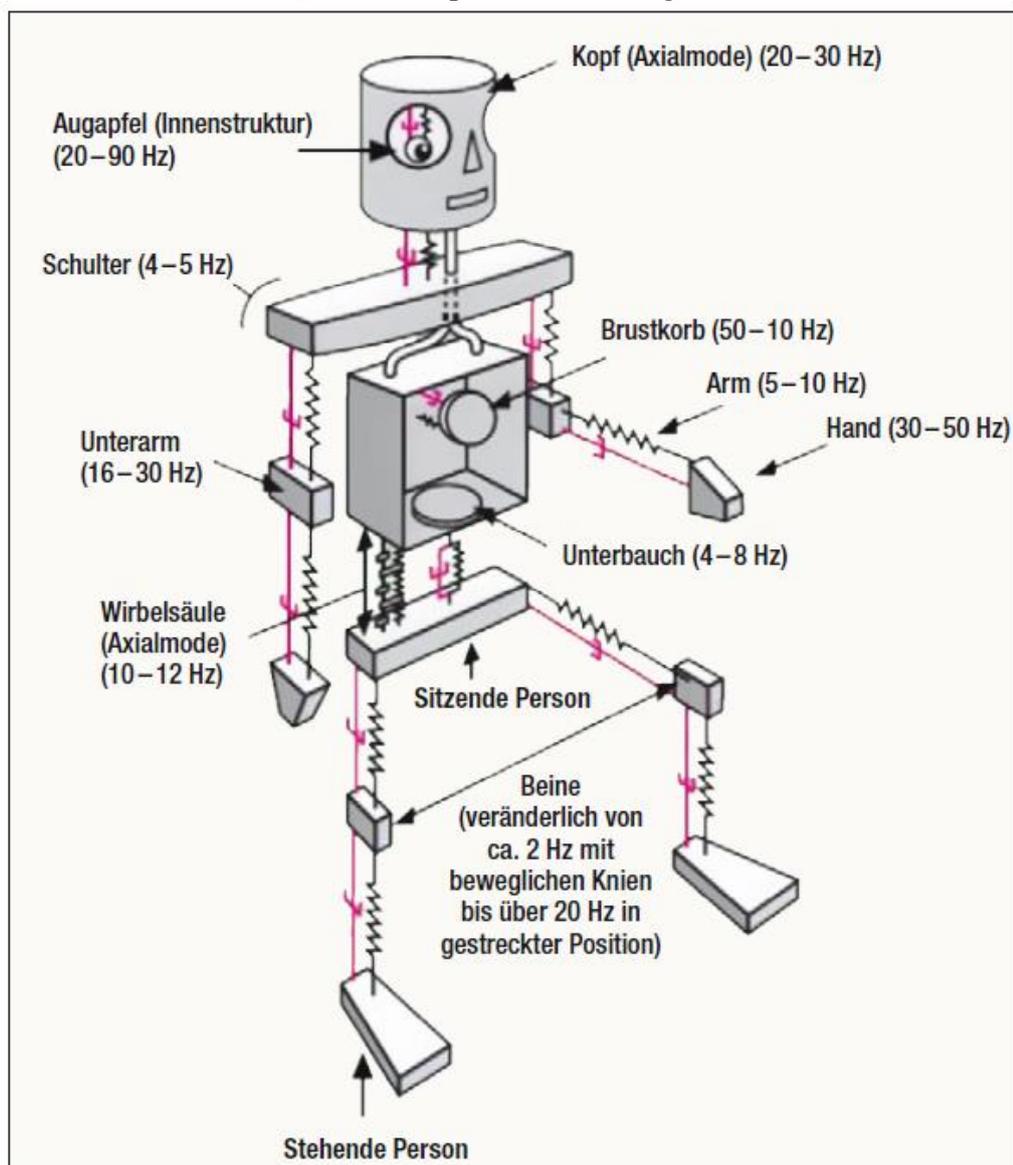


## 2. Durch taktile Wahrnehmung

Der Begriff „taktile Wahrnehmung“ bezeichnet die Oberflächensensibilität der Haut, den Tast- und Empfindungssinn. Über unterschiedliche Rezeptoren der Haut nehmen wir verschiedene Reize wie Berührung, Druck, Temperatur und Schmerz wahr.

Resonanzfrequenzen verschiedener Körperteile

Quelle: Kompendium der Flugmedizin



## Schallereignisse und Vibrationen führen bei:

1-3 Hz zu Atemnot

4-10 Hz zu erschwerte Atmung

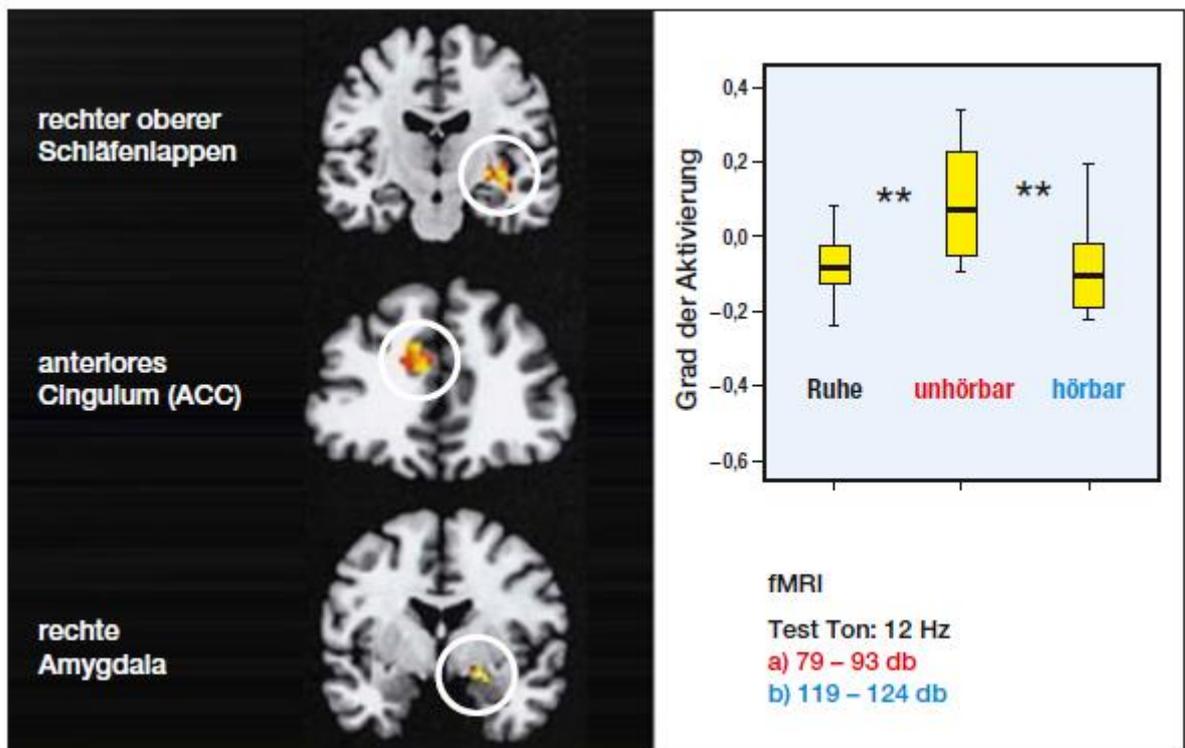
4-9 Hz zu allgemeinem Unwohlsein

4-12 Hz zu Rückenschmerzen

13-20 Hz zu Muskelverspannungen, Kopfschmerzen und Sprachbeeinflussung

Vibrationen: Die Fortpflanzung einer Schwingung im menschlichen Körper hängt von Körperhaltung, Einleitungsstelle, Erregerfrequenz und Übertragungsweg (zum Beispiel Sitzen, Liegen und Stehen) ab. Dabei können Sie je nach Art der Einleitungsstelle, Teile des Körpers oder auch den ganzen Körper erregen! Die Intensität mit der die Schwingungen an den Körperstellen auftreten, hängt sehr stark von der Amplitude (Sinuswelle) der Erregerschwingung und den Feder- und Dämpfungseigenschaften der auf dem Fortpflanzungsweg liegenden Körperpartien ab. Diese wiederum hängen vom Verhalten des Menschen ab. Am empfindlichsten reagiert der Mensch zwischen 4 und 8 Hz, dem Resonanzbereich des Rumpfes und der Eingeweide.

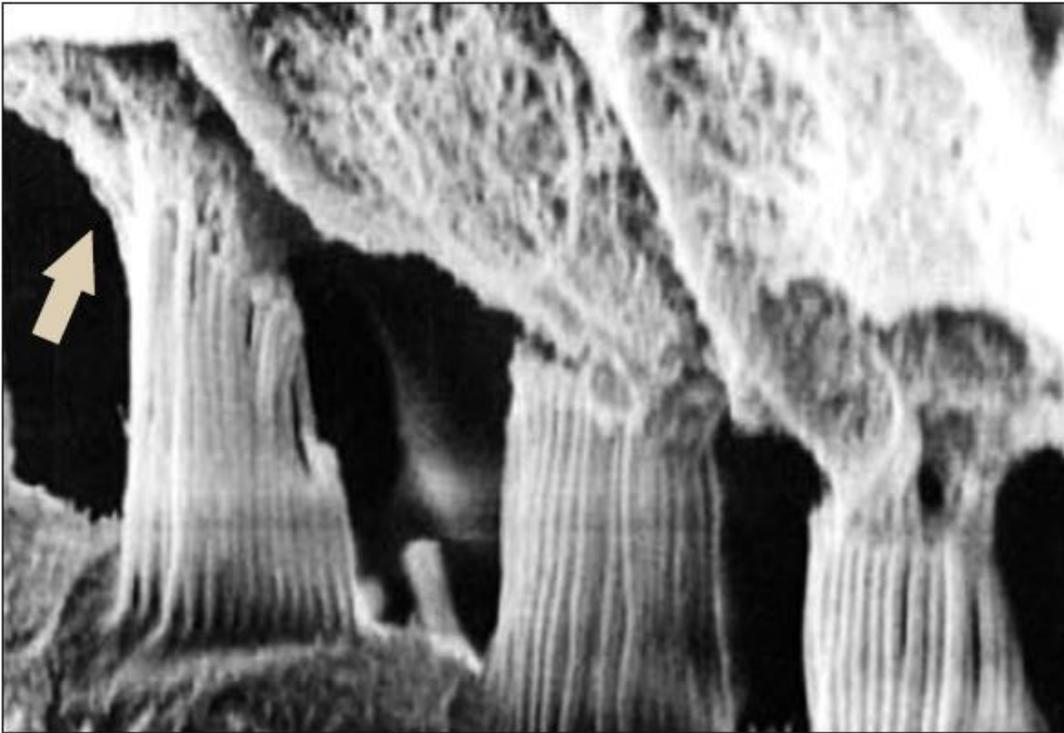
## Infraschall löst Gehirnfunktionen aus



Neueste Forschungen weisen eine Reizung des rechten oberen Schläfenlappens (primär auditor. Cortex), des anterioren Cingulums (ACC) sowie der Amygdala bei Exposition von Infraschall in MRT-Bildern nach. Bei Einwirkung von Infraschall **unter der Hörschwelle** werden diese drei Bezirke gereizt, bei Einwirkung oberhalb der Hörschwelle verschwindet die Aktivierung. Quelle: Weichenberger et al. (Charité Berlin, PTB Braunschweig, UKE Hamburg) PLoS One 12 (4): 2017 Ähnliche Bilder und Ergebnisse gibt es auch vom Max-Planck-Institut für Bildungsforschung.

Bei Langzeitexposition unter Infraschall führt dies unter anderem zu bleibenden Schäden am Ohr, da die Stereozilien und die Tectorialmembran miteinander verkleben.

Es wird also nicht vorwiegend das Gehör aktiviert, sondern vor allem auch das Vestibuläre System und dies verursacht Anpassungen im Bereich der Propriozeption - teilweise unbewusst - aber dann auch bewusst mit dem im Folgenden beschriebenen Symptomen:



Stereozillien und die Tectorialmembran verkleben

- **Störungen der Konzentration und des Gedächtnisses**
- **Nervosität, Gereiztheit, Unzufriedenheit, Unausgeglichenheit**
- **Angst, Unsicherheit, Aggressionen, Apathie**
- **Chronische Müdigkeit**
- **Schlafstörungen**
- **Infekte**
- **Herz-Kreislauf-Beschwerden**
- **Gastritis, Verdauungsbeschwerden**
- **muskuläre Verspannungen**

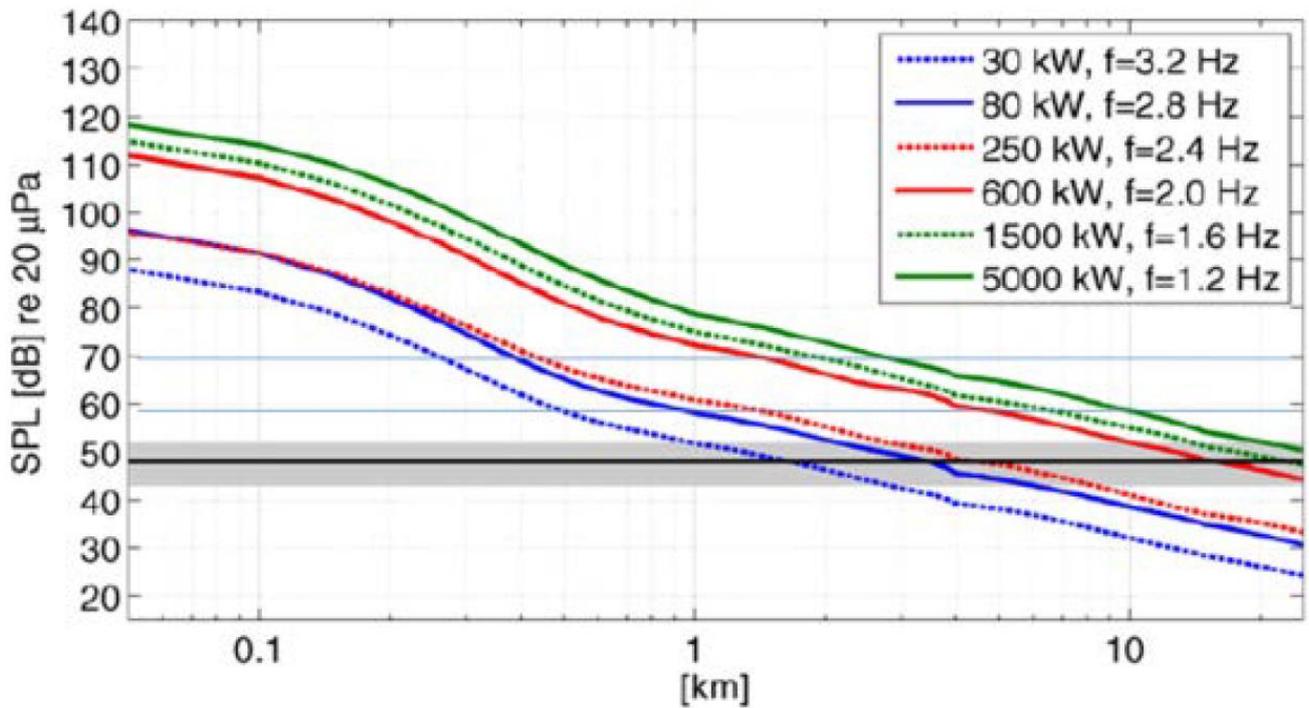
Neuere Hinweise (März 2018) kommen aus Mainz. In einer experimentellen Studie an Herzmuskelgewebe, das direkt mit Infraschall beschallt wurde, konnte eine 20 % Reduktion der Kontraktivität nachgewiesen werden. Der Infraschall wirkt wie ein Störsender auf das Herz. Es folgen weitere klinische Studien (Studiengruppe um Professor Vahl).

### **Korrekte Entfernungangaben bei Infraschall durch Windkraftanlagen**

Die Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) führt Auswertungen zur Erdbebenforschung und Messungen zur Überwachung des Atomtestabkommens durch und besitzt deshalb für diese Arbeiten entsprechend geeignete Meß- und Auswerteinrichtungen.

Im Sommer 2004 führte die BGR über einen Zeitraum von vier Wochen mit mobilen Infraschallstationen etwa 20 km nördlich von Hannover Infraschallmessungen mit dem Ziel durch, die tieffrequente Schallemission einer Windkraftanlage zu bestimmen.

Die Infraschallmessung (mit MB2000 Mikrobarometern) an der 200 kW Windkraftanlage vom Typ Vestas V47 etwa 20 km nördlich von Hannover ergab folgendes Ergebnis: (Bei Windparks muss für jedes Paar nach Faustformel 3 dB Erhöhung noch dazugerechnet werden).

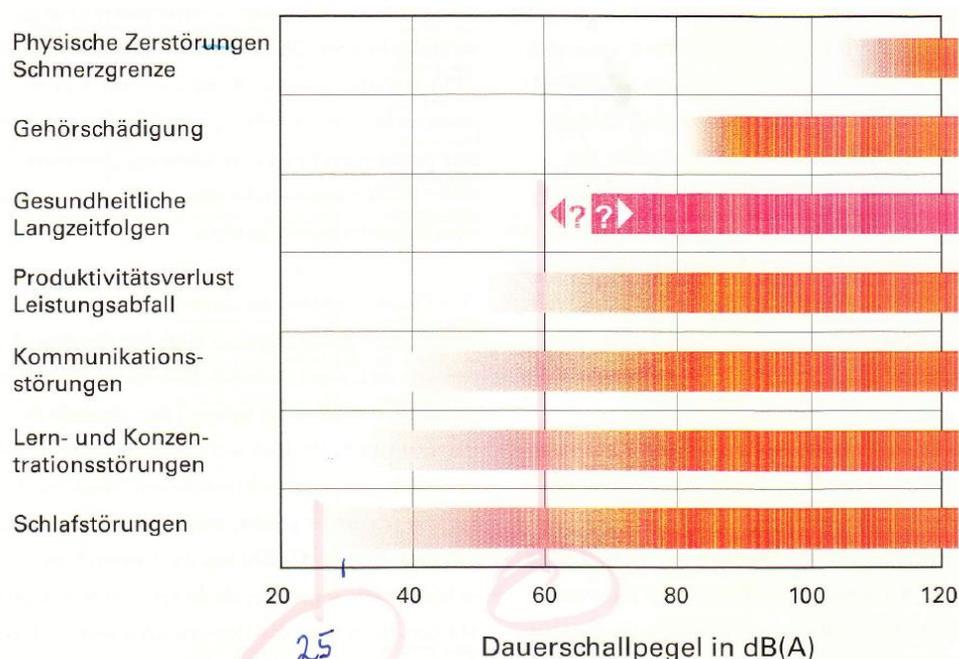


Dargestellt ist der Schalldruckpegel (SPL) der zweiten Flugelharmonischen (in den Kurven jeweils als zweite Spitze von links zu sehen). Sie hebt sich nach mehr als 10 km immer noch vom Hintergrundgeräusch (grauer waagrechter Balken) ab.

Nach 2 km liegt der Schalldruckpegel noch 20 db über dem Hintergrundgeräusch und über 10 dB über der Reaktionsschwelle des menschlichen Ohres. **Dieser Wert, der etwa bei 60 dB liegt, wird erst in einem Abstand von 4 km unterschritten.**

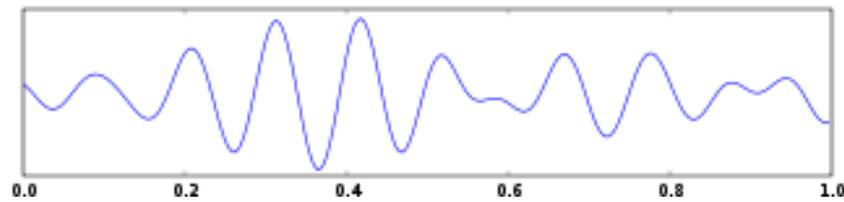
**Bei der großen Anlage erst nach 10 km (!!!).** Dies führt unweigerlich bei einem Teil der Bevölkerung zu Störungen und Irritationen im Körper, auch wenn offiziell die sogenannte Wahrnehmungsschwelle nicht überschritten ist. Damit sind wir bei den gesundheitlichen Auswirkungen des Infraschalls.

### Gesundheitliche Störungen in Abhängigkeit vom Dauerschalldruckpegel



Zum besseren Verständnis wie der Infraschall von großen Windkraftanlagen die Gehirnfunktionen stört, erfolgt hier eine kurze Darstellung der Gehirnwellen/-funktion.

## Gehirnwellen



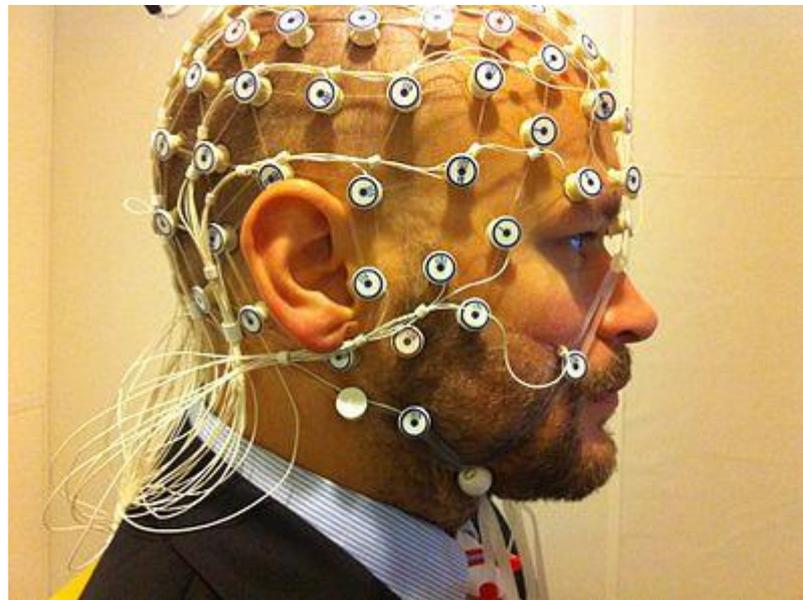
### Gehirnwellen lassen sich mit äußeren Reizen stimulieren, verändern, stören

Gehirnwellen sind Schwankungen der elektrischen Spannung innerhalb des Gehirns. Mit einer Elektroenzephalografie (EEG) können die Spannungsschwankungen an der Kopfoberfläche gemessen werden.

Abhängig davon, in welchem Zustand sich ein Mensch befindet (zum Beispiel wach, entspannt, schlafend), schwingen seine Gehirnwellen in unterschiedlichen Frequenzbändern (beispielsweise Alpha-Wellen im entspannten Zustand).

Mit Hilfe äußerer Reize lassen sich Gehirnwellen stimulieren. Dadurch kann der Mensch in entspannte Zustände versetzt werden, in denen man zum Beispiel verbessert lernen kann oder sich effektiv mental programmieren kann.

#### Entstehung und Messung von Gehirnwellen



Ein Mann bei einer EEG-Messung

Jedes [Gehirn](#) besteht aus Milliarden von Gehirnzellen (Neuronen), die durch elektrische Impulse miteinander kommunizieren. Wird Information im Gehirn verarbeitet, so wechseln die beteiligten Gehirnzellen ihren elektrischen Zustand. Durch diesen physiologischen Vorgang kommt es zu **Potenzialschwankungen** (in der Größenordnung **von 5 bis 100  $\mu\text{V}$** ).

Die von den Neuronen erzeugten Potenziale addieren sich entsprechend ihrer räumlichen Anordnung auf, so dass sich über den gesamten Kopf verteilte Potenzialänderungen messen lassen. Da die

Potenzialschwankungen (über der Zeit) ein wellen-ähnliches Bild zeigen, bezeichnet man die Schwankungen als **Gehirnwellen**.

Die Spannungsschwankungen an der Kopfoberfläche können mit Elektroenzephalografie-Geräten (EEG) gemessen werden. In einem Elektroenzephalogramm (ebenfalls mit EEG abgekürzt) können die gemessenen Gehirnwellen graphisch dargestellt werden.

### Frequenzbänder der Gehirnwellen

Im Laufe der Zeit wurde entdeckt, dass sich die elektrischen Vorgänge im Gehirn mit dem Zustand und der Aktivität der Person verändern. Die Gehirnwellen einer schlafenden Person zum Beispiel unterscheiden sich massiv von denen einer wachen Person.

Abhängig vom Zustand des Menschen schwingen seine Gehirnwellen in unterschiedlichen Frequenzbändern. Die Gehirnwellenaktivität spielt sich vor allem im Frequenzbereich von 0 bis 40 Hz ab. Dabei werden die Gehirnwellen in folgende Frequenzbänder eingeteilt:

Frequenzband	Frequenz	Zustand des Menschen	Tagesabschnitte, Tätigkeiten	Möglichkeit der mentalen Programmierung
Gamma	> 38 Hz	geistige Höchstleistung, für Zusammensetzung von Wahrnehmungen wichtig	Beispiel: Hochkonzentriertes Arbeiten	nicht bekannt
Beta	12 - 38 Hz	wach und aufmerksam, konzentriert, bei vollem Bewusstsein	normales Frequenzband während des Tages, Beispiel: konzentriertes Arbeiten	nicht sehr effektiv - Einflussnahme jedoch möglich (zum Beispiel auf Aufmerksamkeit)
Alpha	8 - 12 Hz	wach aber entspannt, passiv, ruhig, kreativ, Brücke zwischen Bewusstsein und Unterbewusstsein	leichte bis mäßige Entspannung, leichte Meditation, <b>Hypnose</b> , nach dem Aufwachen, vor dem Einschlafen, bei Tagträumen	sehr gut geeignet
Theta	3 - 8 Hz	Traumzustand, Traumschlaf, <b>Unterbewusstsein</b> aktiv	leichter Schlaf, tiefe Entspannung, REM-Phase / Träume, <b>Meditation</b>	<b>am effektivsten</b>
Delta	0,2 - 3 Hz	tiefer, traumloser <b>Schlaf</b> - komplette Ausschaltung des Bewusstseins - Unbewusstsein aktiv	längerer Schlaf, komatöse Zustände	schwierig, aber zum Beispiel geeignet zur Behandlung Schmerzen

Anmerkung: Über die exakten Frequenzbereiche herrscht in der Fachwelt Uneinigkeit. Beispielsweise wird die obere Grenze des Delta-Bereichs manchmal mit 4 Hz angegeben.

**Im Folgenden weitere Fakten zu den Frequenzbändern der Gehirnwellen.**

## Beta Wellen

Beta Wellen oberhalb von 25 Hz werden vor allem in **Stress- oder Angst-Zuständen ausgelöst**.

Eine Person, deren Gehirn ausschließlich Beta-Wellen produziert, hat keinerlei Verbindung zu ihrem Inneren. Man könnte die Person in einem solchen Fall als "ferngesteuert" bezeichnen.

Ein Unterbereich des Beta-Bereiches ist der sogenannte **SMR**. SMR steht für "senso-motorischer Rhythmus" und meint den Gehirnwellen-Frequenzbereich von 12 bis 15 Hz. Die Definition dieses Bereiches geht zurück auf die Frage, warum Katzen sehr schnell zwischen Schlafen und hellwach-Sein umschalten können. Untersuchungen ergaben, dass Katzen in den Übergangsphasen vor allem Gehirnwellen im Bereich 12 bis 15 Hz (unterer Beta-Bereich) ausbilden.

Für den Menschen kann eine Stimulation im SMR-Bereich zu einem besseren Schlaf führen. Jugendliche sind tagsüber oft im Beta-Zustand.

## Alpha Wellen

Im Alpha-Zustand hat man eine **erhöhte Erinnerungs- und Lernfähigkeit**. Diese Eigenschaft nutzen beispielsweise manche Vokabeltrainer aus, mit denen man leicht Vokabeln lernen kann.

Der Alpha-Bereich ist die **Brücke zwischen äußerer Welt** (Beta-Wellen) **und innerer Welt** (Theta-Wellen). Befindest du dich im Alpha-Zustand, so öffnest du dich der inneren Welt bist aber gleichzeitig noch aufnahmefähig für äußere Reize.

Viele Therapieformen beruhen auf Alpha Wellen. Zu ihnen gehören beispielsweise die [Hypnose](#) oder auch die [Synergetik-Therapie](#), die den Alpha-Zustand nutzt um festgefahrene Muster zu verändern.

Der Alpha-Zustand kann auch als **Brücke zwischen Bewusstsein und Unterbewusstsein** angesehen werden. Beispiel: Wenn du morgens aufwachst und danach noch ein wenig vor dich hindöst, hast du Gehirnwellen im Theta-Bereich. Wenn du nun gleichzeitig auch Alpha-Wellen hast, wirst du dich an deinen [Traum](#) erinnern können (du hast Zugang zum Unterbewusstsein). Wenn du dagegen sofort in den Beta-Zustand wechselst wirst du dich nicht an deine Träume erinnern können (du hast keinen Zugang zum Unterbewusstsein).

Man kann sich den Alpha-Zustand auch als **Standby-Betrieb** vorstellen. Vom Alpha-Bereich kann man nämlich jederzeit entweder nach oben (Beta-Bereich) oder nach unten (Theta-Bereich) gehen.

Alpha-Wellen ermöglichen den anderen Gehirnwellen-Bereichen miteinander zu **kommunizieren**. Wenn du Alpha-Wellen hast, arbeitet dein Gehirn integriert, d.h. du bist wach und bewusst, kannst jedoch gleichzeitig dein Unterbewusstsein anzapfen. Beispiel: Du hast eine intuitive Eingebung (die aus dem Delta-Bereich kommt). Da dein Gehirn gerade Alpha-Wellen produziert, kannst du dir diese Eingebung logisch erklären (mit Hilfe deiner Beta-Wellen).

Alpha-Wellen sind die Gehirnwellen, die man **am leichtesten** (willentlich) produzieren kann. Man braucht nur seine [Augen](#) zu schließen und schon wird das Gehirn beginnen Alpha-Wellen auszusenden. Auch beim [Fernsehen](#) kann das Gehirn sehr leicht Alpha-Wellen produzieren.

Im Alpha-Zustand werden **Botenstoffe** freigesetzt, die für das Empfinden von Glück und Freude notwendig sind (zum Beispiel Serotonin). Junge Kinder sind tagsüber oft im Alpha-Zustand.

## Theta Wellen

Gehirnwellen im Theta-Bereich ermöglichen uns den **Zugang zu unbewussten Gedanken**.

Theta Wellen sind auch für unsere **Kreativität und lebhaftere Erinnerungen** zuständig. Spontane Lösungen für ein Problem, über das man zum Beispiel mehrere Tage gegrübelt hat, stammen meistens aus dem Theta-Bereich.

Es ist schwierig, dominante Theta-Wellen aufrecht zu erhalten, ohne dabei **einzuschlafen**.

Bei Säuglingen und Kindern von 0 bis 4 Jahren bestehen die Gehirnwellen überwiegend aus Theta-Wellen (Traum-Zustand). Ihre Gehirne zeigen dagegen fast keine Beta-Wellen.

Ein vermehrtes Maß an Theta-Wellen kann auch ein Zeichen für innerliche Unruhe sein. So produzieren Kinder mit **ADHS** (Aufmerksamkeitsdefizit-Hyperaktivitätssyndrom) verstärkt Theta-, aber wenig Beta-Wellen.

## **Delta-Bereich**

Körperlich gesehen regulieren Delta-Wellen **Drüsen und Hormone**. So wird beispielsweise DHEA ausgeschüttet (eine Vorstufe von vielen Hormonen). **Delta-Wellen sorgen auch für die Regeneration von Zellen.**

Der Delta-Bereich fungiert gleichzeitig auch als **sechster Sinn**. Delta-Wellen teilen uns Dinge mit, die wir uns rational nicht erklären können, wo wir aber trotzdem das Gefühl haben, dass sie wahr sind.

Eine Person, deren **Gehirn** sehr viel Delta-Wellen produziert, kann sich sehr leicht in andere Leute **hineinfühlen**.

### **Gehirnwellen-Stimulation ("Brainwave Entrainment")**

Mit Hilfe äußerer Reize (zum Beispiel akustisch oder visuell) können die Gehirnwellen eines Menschen stimuliert werden. Mit Gehirnwellen-Stimulation kann man Entspannungszustände herbeiführen.

Gehirnwellen-Stimulation lässt sich jedoch zum Beispiel auch dazu benutzen mit Hilfe verschiedener Bewusstseins-Ebenen Probleme zu erkennen und aufzulösen. Die Gehirnwellen-Stimulation wird im Englischen als "Brainwave Entrainment" bezeichnet.

### **Arten der Gehirnwellen-Stimulation**

**Das Gehirn hat die Fähigkeit sich auf eine äußere rhythmische Stimulation einzuschwingen. Wie eine Stimmgabel eine andere Stimmgabel zum Schwingen anregt, produziert das Gehirn elektrische Impulse, die die gleiche Frequenz haben wie das äußere Signal.**

Wenn die **rhythmische Stimulation** schnell und konsequent genug ist, kann sie die natürlichen Rhythmen des Gehirns (die Gehirnwellen) beeinflussen. Die Zeitspanne vom Beginn der Stimulation bis zur Ausbildung der entsprechenden Gehirnwellen hängt davon ab, wie gut die Person **"trainiert (sensibilisiert)"** ist. Bei geübten Personen kann sich die Gehirnwellen schon nach wenigen Sekunden aufbauen.

**Gehirnwellen können durch verschiedene Methoden stimuliert werden:**

- **akustische Reize (z.B. Infraschall)**
- **visuelle Reize (zum Beispiel Stroboskop-Licht)**
- **Neurofeedback (Spezialform des Biofeedbacks)**
- **direkte Manipulation der Gehirnwellen mittels elektrischer Wechselfelder**

## Sinus, Oberwellen und Frequenzen

**Oberschwingungen sind unerwünschte höhere Frequenzen, die die Grundwellenform überlagern und ein verzerrtes Wellenmuster erzeugen.** In einem Wechselstromkreis verhält sich ein Widerstand genauso wie in einem Gleichstromkreis. Das heißt, der Strom, der durch den Widerstand fließt, ist proportional zur an ihn angelegten Spannung. Dies liegt daran, dass ein Widerstand ein linearer Baustein ist und wenn die an ihn angelegte Spannung eine Sinuswelle ist, ist der durch ihn fließende Strom auch eine Sinuswelle, so dass die Phasendifferenz zwischen den beiden Sinuskurven Null ist.

Generell wird bei Wechselspannungen und -strömen in elektrischen Schaltungen davon ausgegangen, dass sie rein und sinusförmig sind, wobei nur ein Frequenzwert, die so genannte „Grundfrequenz“, vorhanden ist, was aber nicht immer der Fall ist.

**In einem elektrischen oder elektronischen Gerät oder Schaltkreis mit nicht linearer Spannungs-Strom-Kennlinie, ist der durchfließende Strom nicht proportional zur angelegten Spannung. Die mit dem Gerät verbundenen alternierenden Wellenformen unterscheiden sich daher mehr oder weniger stark von denen einer idealen sinusförmigen Wellenform. Diese Arten von Wellenformen werden allgemein als nicht-sinusförmige oder komplexe Wellenformen bezeichnet.**

Komplexe Wellenformen werden durch gängige elektrische Geräte wie eisenbehaftete Induktivitäten, Schalttransformatoren, elektronische Vorschaltgeräte in Leuchtstofflampen und andere stark induktive Lasten sowie die Ausgangsspannungs- und Stromwellenformen von Wechselstromgeneratoren, Generatoren und anderen elektrischen Maschinen erzeugt. Das Ergebnis ist, dass, obwohl die Spannungswellenform sinusförmig ist die Stromwellenform es möglicherweise nicht ist.

Auch die meisten elektronischen Stromversorgungsschaltungen wie Gleichrichter, Silizium-gesteuerte Gleichrichter (SCR's), Leistungstristoren, Leistungswandler und andere solche Festkörperschalter, die die Stromversorgungen sinusförmig schneiden und zerhacken, um die Motorleistung zu steuern oder die sinusförmige AC-Versorgung in Gleichstrom umzuwandeln. Diese Schaltkreise neigen dazu, Strom nur bei den Spitzenwerten der Wechselstromversorgung aufzunehmen, und da die Schaltstromwellenform nicht sinusförmig ist, soll der resultierende Laststrom Oberschwingungen enthalten.

In einem Wechselstromkreis verhält sich ein Widerstand genauso wie in einem Gleichstromkreis. Das heißt, der Strom, der durch den Widerstand fließt, ist proportional zur an ihn angelegten Spannung. Dies liegt daran, dass ein Widerstand ein linearer Baustein ist und wenn die an ihn angelegte Spannung eine Sinuswelle ist, ist der durch ihn fließende Strom auch eine Sinuswelle, so dass die Phasendifferenz zwischen den beiden Sinuskurven Null ist.

Generell wird bei Wechselspannungen und -strömen in elektrischen Schaltungen davon ausgegangen, dass sie rein und sinusförmig sind, wobei nur ein Frequenzwert, die so genannte „**Grundfrequenz**“, vorhanden ist, was aber nicht immer der Fall ist.

In einem elektrischen oder elektronischen Gerät oder Schaltkreis mit nicht linearer Spannungs-Strom-Kennlinie, ist der durchfließende Strom nicht proportional zur angelegten Spannung. Die mit dem Gerät verbundenen **alternierenden Wellenformen** unterscheiden sich daher mehr oder weniger stark von denen einer **idealen sinusförmigen Wellenform**. Diese Arten von Wellenformen werden allgemein als nicht-sinusförmige oder komplexe Wellenformen bezeichnet.

**Komplexe Wellenformen** werden durch gängige elektrische Geräte wie eisenbehaftete Induktivitäten, Schalttransformatoren, elektronische Vorschaltgeräte in Leuchtstofflampen und

andere stark induktive Lasten sowie die Ausgangsspannungs- und Stromwellenformen von Wechselstromgeneratoren, Generatoren und anderen elektrischen Maschinen erzeugt. Das Ergebnis ist, dass, obwohl die Spannungswellenform sinusförmig ist die Stromwellenform es möglicherweise nicht ist.

Auch die meisten elektronischen Stromversorgungsschaltungen wie Gleichrichter, Siliziumgesteuerte Gleichrichter (SCR's), Leistungstransistoren, Leistungswandler und andere solche Festkörperschalter, die die Stromversorgungen sinusförmig schneiden und zerhacken, um die Motorleistung zu steuern oder die sinusförmige AC-Versorgung in Gleichstrom umzuwandeln, erzeugen komplexe Wellenformen.

Diese Schaltkreise neigen dazu, Strom nur bei den Spitzenwerten der Wechselstromversorgung aufzunehmen, und da die Schaltstromwellenform nicht sinusförmig ist, soll der resultierende Laststrom Oberschwingungen enthalten.

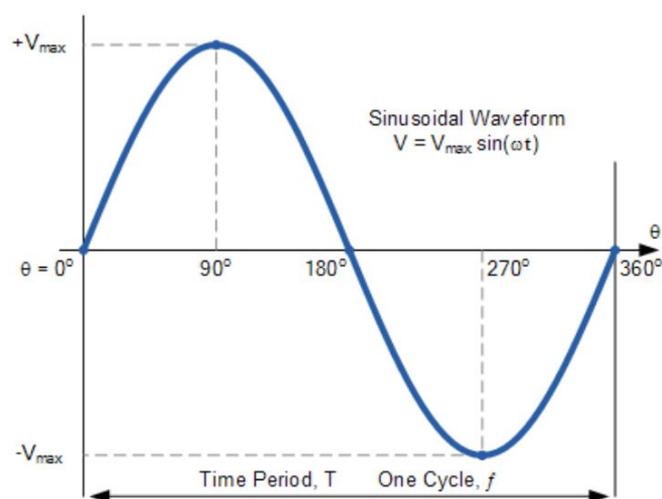
Nicht-sinusförmige komplexe Wellenformen werden durch „Addieren“ einer Reihe von Sinuswellenfrequenzen, die als „Oberschwingungen“ bezeichnet werden, konstruiert. Unter Oberwellen versteht man die Verzerrung einer sinusförmigen Wellenform durch Wellenformen unterschiedlicher Frequenzen.

Man kann eine komplexe Wellenform unabhängig von ihrer Form mathematisch in ihre einzelnen Komponenten, die Grundfrequenz und eine Reihe von „harmonischen Frequenzen“, aufteilen. Aber was verstehen wir unter einer „Grundfrequenz“

## Grundfrequenz

Eine **Grundwellenform** (oder erste Harmonische) ist die sinusförmige Wellenform, die z. B. die Netzfrequenz hat. Die Grundfrequenz ist **die niedrigste oder Basisfrequenz**,  $f$ , auf der die komplexe Wellenform aufgebaut ist, und als solche wird die Periodendauer,  $T$  der resultierenden komplexen Wellenform gleich der Periodendauer der Grundfrequenz sein.

Betrachten wir die fundamentale oder 1. harmonische AC-Wellenform wie gezeigt.



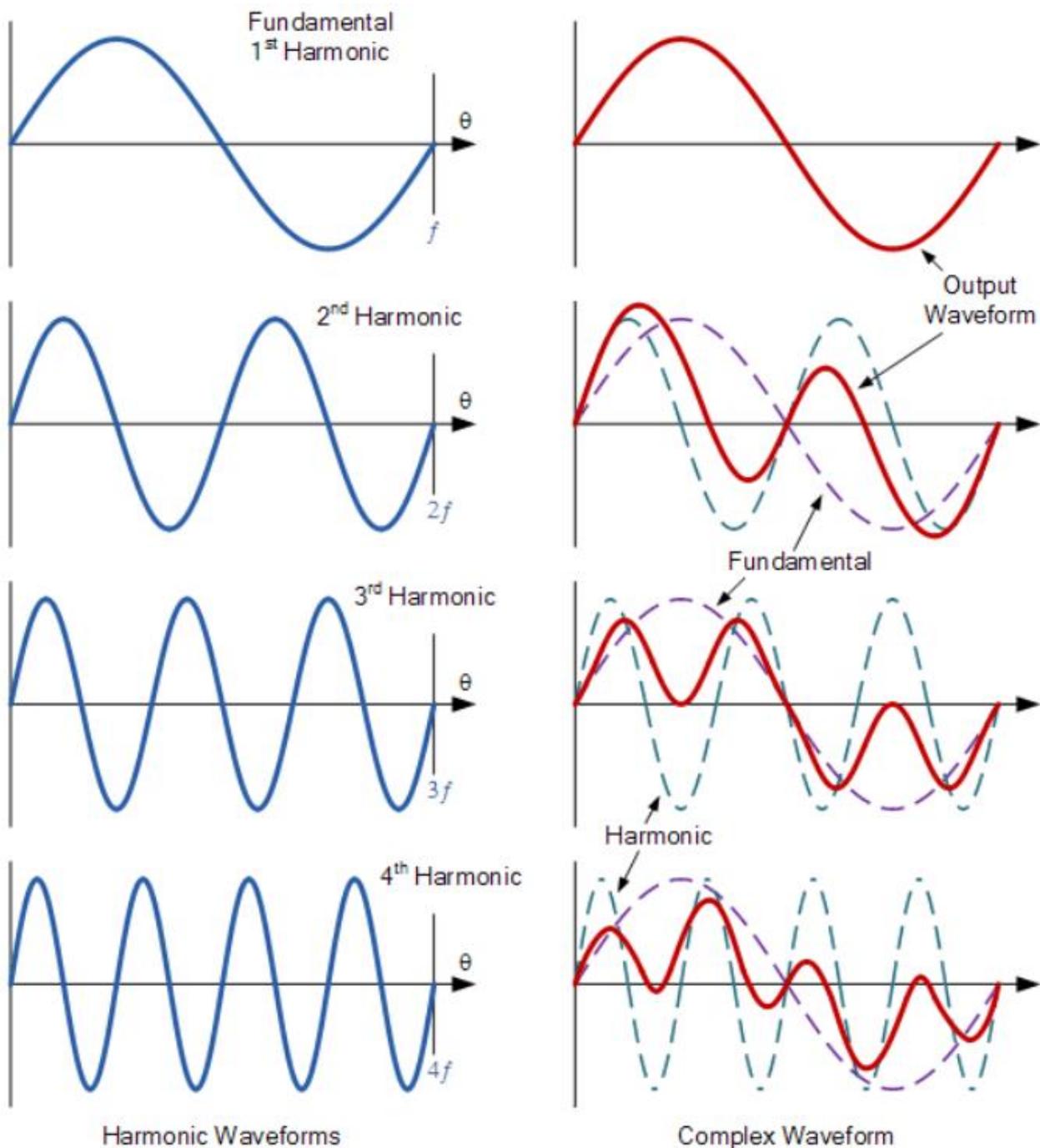
Dabei ist:  $V_{max}$  der Spitzenwert in Volt und  $f$  die Frequenz der Wellenformen in Hertz (Hz).

Wir können sehen, dass eine sinusförmige Wellenform eine Wechselspannung (oder Strom) ist, die als Sinusfunktion des Winkels variiert,  $2\pi f$ . **Die Frequenz der Wellenformen,  $f$  wird durch die Anzahl der Zyklen pro Sekunde bestimmt.** Im Vereinigten Königreich ist diese Grundfrequenz auf 50 Hz eingestellt, während sie in den Vereinigten Staaten bei 60 Hz liegt.

**Oberwellen sind Spannungen oder Ströme, die mit einer Frequenz arbeiten, die ein ganzzahliges Vielfaches der Grundfrequenz ist.** Bei einer 50Hz-Grundwellenform bedeutet dies, dass eine 2. Harmonische 100Hz ( $2 \times 50\text{Hz}$ ), eine 3. Harmonische 150Hz ( $3 \times 50\text{Hz}$ ), eine 5. bei 250Hz, eine 7. bei 350Hz und so weiter wäre. Bei einer 60Hz-Grundwellenform würden die Frequenzen der 2., 3., 4. und 5. Harmonischen bei 120Hz, 180Hz, 240Hz bzw. 300Hz liegen.

Mit anderen Worten, wir können sagen, dass „Harmonische“ ein Vielfaches der Grundfrequenz sind und daher...:  $2f$ ,  $3f$ ,  $4f$ , etc. wie abgebildet.

### Komplexe Wellenformen durch Oberschwingungen



**Beachten Sie, dass die obigen roten Wellenformen die tatsächlichen Formen der Wellenformen sind, wie sie von einer Last gesehen werden, da der Oberwellengehalt zur Grundfrequenz addiert wird.**

Die Grundwellenform kann auch als 1. Harmonische Wellenform bezeichnet werden. Daher hat eine zweite Harmonische eine Frequenz, die doppelt so hoch ist wie die der Grundwelle, die dritte Harmonische eine Frequenz, die dreimal so hoch ist wie die der Grundwelle und eine vierte Harmonische eine viermal so hoch wie die der linken Spalte.

Die rechte Spalte zeigt die komplexe Wellenform, die durch den Effekt zwischen der Addition der Grundwellenform und den harmonischen Wellenformen bei verschiedenen harmonischen Frequenzen entsteht. Beachten Sie, dass die Form der resultierenden komplexen Wellenform nicht nur von der Anzahl und Amplitude der vorhandenen harmonischen Frequenzen abhängt, sondern auch von der Phasenbeziehung zwischen der Grundfrequenz und den einzelnen harmonischen Frequenzen.

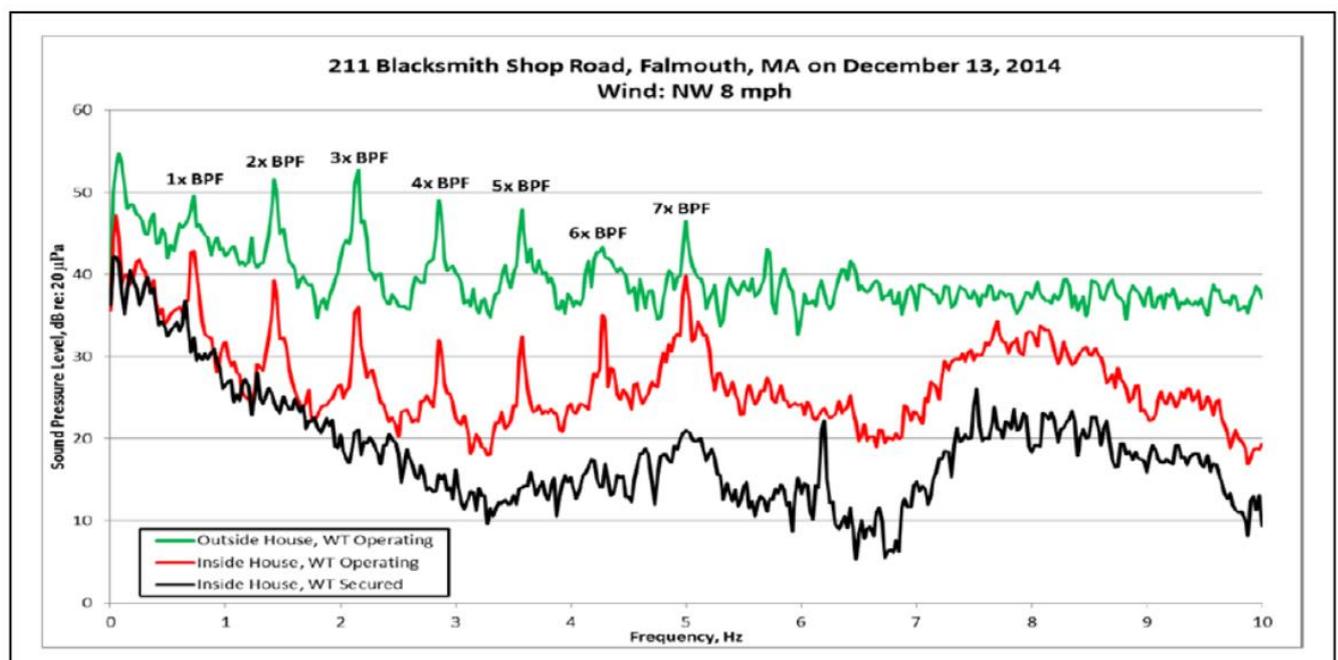
Wir sehen, dass eine komplexe Welle aus einer Grundwellenform plus Oberwellen besteht, die jeweils ihren eigenen Spitzenwert und Phasenwinkel haben.

**Mit Hilfe der Fourier Analyse FFT (Fast Fourier Transformation) kann eine Signalfrequenz in die Grundwelle sowie deren harmonische Oberwellen zerlegt werden. Dies geschieht mittels verschiedener mathematischer Verfahren.**

### Messtechnische Übertragung auf Infrasschall

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

Michael Bahtiarian hat nach Beschwerden der Anwohner durch Messungen im Dezember 2014 in Falmouth, Massachusetts, USA, den Infrasschall näher untersucht. Er hat nachgewiesen, dass sich die Grund-Frequenz (1x BPF, Blade Pass Frequency) und die Vielfachen davon (Flügelharmonische 2x BPF; 3x BPF usw.) deutlich vom Umgebungsgeräusch abheben. (Nach der aktuellen Meßmethode in Deutschland werden die Spitzen wegmanipuliert)



**Frequenzanalyse eines tieffrequenten Schallsignales einer Windkraftanlage**

Das Frequenzspektrum des Umgebungsgeräuschs ist in der schwarzen Kurve dargestellt (Windturbine steht). Es ist im Wesentlichen ein Rauschen. Die rote Kurve ist das Frequenzspektrum des Schalldrucks im Haus, wenn die Windturbine in Betrieb ist, die grüne Kurve ist die Messung außerhalb des Hauses, ebenfalls bei Betrieb. Tonale Anteile (Frequenzspitzen) im Schallspektrum wirken dabei störender und schädlicher als breitbandiges Rauschen. Hier ist auch widerlegt, dass das Frequenzspektrum einer Windkraftanlage im Umgebungsrauschen untergehen würde.

Im abgebildeten Beispiel ist die Grund-Frequenz bei etwa 0,7 Hertz gut zu erkennen. Die nachfolgenden Spitzen entstehen, weil sich auch Vielfache der ersten Frequenzspitze ausbreiten. Die Spitzen treten deutlich aus dem Umgebungsgeräusch hervor. Wie oben beschrieben führen gerade die hervortretenden Spitzen auf Dauer zu gesundheitlichen Schäden. In diesem Fall hatte das Gericht entschieden, dass beide Windturbinen in der Zeit von 19:00 bis 7:00 Uhr abgeschaltet werden müssen.