



Gefährdung der Gesundheit durch Windkraftanlagen (WKA)

Emissionen

Sieht man von Unfallgefahren z.B. durch Rotorblattbruch, Blitzschlag, Brand, Vereisung und mechanische Zerstörung durch Sturm ab, sind Emissionen Hauptursache für die gesundheitliche Beeinträchtigung der Bevölkerung verantwortlich.

Emissionen sind:

- Schlagschatten
- Blitzlicht
- Optische Bedrängung
- Schall / Lärm

Optische Emissionen

Periodisch auftretende Schlagschattenbildung, nächtlich blinkende Lichterketten und die durch die Größe und Zahl der Anlagen bedrängende optische Wirkung führen zu einer *Ablenkung der Aufmerksamkeit, zu Leistungsbeeinträchtigung und Konzentrationsstörungen der Anwohner und insgesamt zu einer affektiven Bewertung der Situation*. Diese Unausweichlichkeit ist geeignet, die Wirkung weiterer vorhandener Stressoren (Lärm, s.u.) zu verstärken und führt durch die Tatsache Dauerbelastung zu einer tendenziell *depressiven Verarbeitungssituation*.

Die Schädigungsmöglichkeit durch Akkumulation minimaler Effekte und die Unausweichlichkeit der Situation ist Unbeteiligten schwer vermittelbar, ist aber Grund für **sekundäre psychosomatische Gesundheitsschäden**¹.

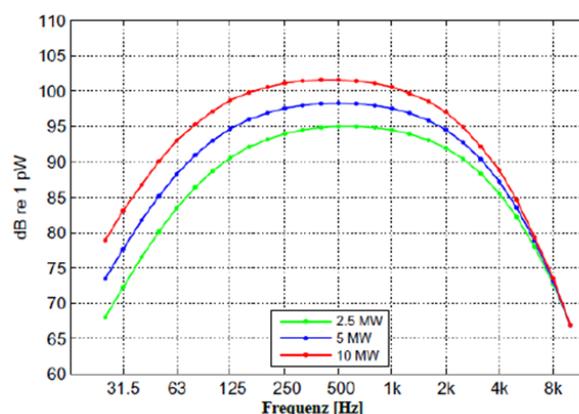
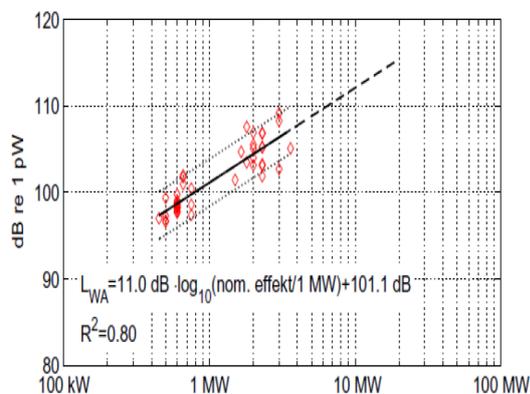
Schall-Emissionen

Windkraftanlagen sind Energiewandler, die durch Umwandlung der Bewegungsenergie des Windes in Rotationsenergie mit Hilfe eines Generators elektrische Energie erzeugen können. Dabei kann dem anströmenden Wind maximal 59% seiner Leistung im Sinne der Energieerzeugung entzogen werden. (Betz'sches Gesetz). Moderne Windkraftanlagen (WKA) erreichen derzeit einen Leistungsbeiwert von 40%. Der **nicht nutzbare und viel größere Energieanteil des Windes** (theoretisch mindestens 41%, praktisch derzeit 60%) ist nichts anderes als eine Druckwelle, also **Schall**. Bei einer 3,2MW-Anlage entstehen Schallwellen / Lärm in einer Größenordnung von 4,8Megawatt! (Lt. Hersteller liegt die Schalleistung der WKA repower3,2M114 am Entstehungsort bei 105,2 db(A)). Während mechanische Geräuschursachen verhältnismäßig unbedeutend geworden sind, enthalten



Schallemissionen von WKA heute fast ausschließlich **Lärmkomponenten aerodynamischen Ursprungs**.

Mit der angestrebten Zunahme der Anlagengröße (Repowering) werden neben der Turmhöhe auch die Rotorradien vergrößert. Mittlerweile hat dadurch eine moderne WKA die doppelte Spannweite eines Jumbojets erreicht. Die **Eigenfrequenz der Rotorblätter** liegt unterhalb 16Hz, also im nicht hörbaren **Infraschallbereich**, die Rotorspitzen bewegen sich mit bis zu 400 km/h auf einer Kreisbahn und ebenso, wie bei einem Jumbojet breiten sich Wirbelschleppen in Lee-Richtung aus.



Die **Vergrößerung der Anlagen hat sowohl stärkere als auch zunehmend niederfrequente Schallemissionen zur Folge**ⁱⁱ. Windkraftanlagen sind somit exzellente Erzeuger von luftgeleitetem **Infraschall**ⁱⁱⁱ. Die stärksten und zudem impulshaltigen Schallemissionen entstehen beim Passieren von turbulenten Luftströmungen im Turmschatten durch die Rotorflügel.

Schallausbreitung

Die Schallausbreitung von Windkraftanlagengeräuschen wird durch die Phänomene geometrische Verdünnung, Luftdämpfung, Bodeneffekt, mögliche Hinderniswirkung sowie mögliche Reflexionen bestimmt.

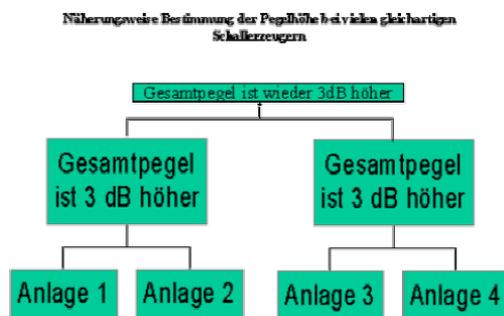
Mit zunehmender Entfernung wird der Schalldruck nach folgendem Gesetz abgeschwächt: Bei Verdoppelung des Abstands wird der Schalldruck halbiert, sinkt also um 6 dB. Das bedeutet, dass ein WKA mit einem Pegel von 105dB bei idealisierter sphärischer Schallausbreitung in **1000m noch mit 45dB** hörbar ist.

Mit zunehmender **Höhe der Schallquelle** breitet sich der Schall durch Hindernisse ungestörter und nach einem idealisiert kugelförmigen Ausbreitungsmuster aus, zudem wirkt sich die Bodenreflexion auf schallharten Böden eher verstärkend auf den Schalldruck aus.



Faktoren, die die Schallausbreitung hemmen sind jedwede Hindernisse, kalte Luft, Gegenwind.
Faktoren, die sie fördern, **Verstärkung durch Reflexion am Boden (vor allem bei bergigem Gebiet) und bei Inversionswetterlage an Luftschichtgrenzen**. Hierdurch kann ab 200m Entfernung eher ein **zylindrischer Ausbreitungsmodus mit nur 3dB Schalldruckabnahme je Abstandsverdoppelung** entstehen^{iv}.

Viele gleichartige Anlagen erhöhen den Schallpegel nach folgender Faustregel: Ein **Anlagenpaar** erzeugt zusammen 3dB mehr Schalldruck als die einzelne Anlage.



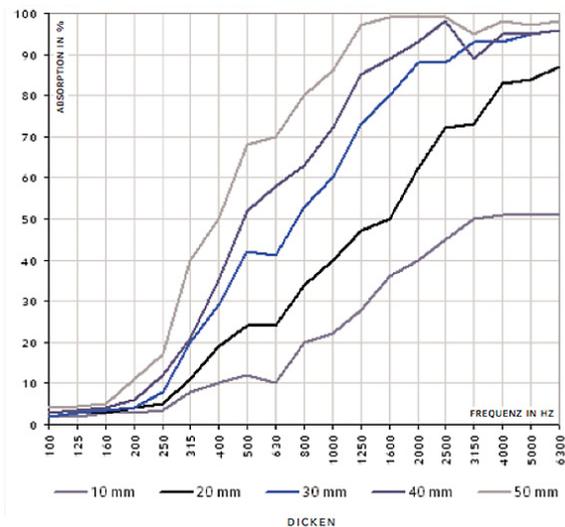
Hinzu kommt, dass durch mehrere Anlagen die Tendenz zur Turbulenzausbildung durch gegenseitige Beeinflussung der Luftströmung an den Rotoren eher noch gesteigert wird.

Durch **Resonanzeffekte** besonders niedriger Frequenzen ist vor allem in geschlossenen Räumen eine **Schalldruckerhöhung** durch Ausbildung von stehenden Wellen und durch Addition von Schallamplituden möglich.

Schalldämmung

Je langwelliger der Schall, desto durchdringender verhält er sich. Die Schallabsorption durch Dämmmaßnahmen wird mit sinkender Schallfrequenz wirkungslos. **Niedrigfrequenter bzw. Infraschall kann mit herkömmlichen Mittel nicht gedämpft werden**. Wesentliche Schallpegelverringering ergibt sich erst bei einer Dicke des Absorptionsmaterials von einem Viertel der Wellenlänge des Infraschalls (5-10 m), da hier die Schallschnelle ihr Maximum hat^v.

Dieser Effekt ist bekannt: Laute Partymusik im Keller stört durch den lauten Bassrhythmus, die restliche Musik als Melodie bleibt verborgen.



Das bedeutet: **Lärmschutzmaßnahmen**, die z.B. bei Fluglärm, Verkehrs- und Industrielärm ergriffen werden, um Anwohner zu schützen, **greifen bei Lärmemissionen durch WKA nicht**, und zwar umso weniger, je **größer** die Anlagen konzipiert werden. Im Gegenteil: **Lärmschutz führt zu einer Frequenzverschiebung in Richtung auf niederfrequente Schallwellen**, die als Dauerbelastung für den Menschen besonders gefährlich sind.

Schallspektrum

Durch Lärmdämmung, Luftabsorption und durch Absinken der Hintergrundgeräuschkulisse in der Nacht kommt es zu einer Überbetonung der niederfrequenten Schallwellen. Das heißt, dass diese durch die fehlenden höheren Frequenzen nicht mehr maskiert werden.

Tieffrequenter und Infraschall haben somit besondere Eigenschaften, die von zunehmender gesundheitsrelevanter Bedeutung sind^{vi}:

- geringe Ausbreitungsdämpfung
- starke Beugungseffekte
- geringe Dämmung durch Isolation
- ausgeprägte Raumresonanzen

Schallmessung und -bewertung

Die für die Genehmigung von Windkraftanlagen zur Anwendung kommenden Technischen Anweisungen bezüglich des Lärmschutzes von 1998 (TA-Lärm) sind aus dem Arbeitsschutz entstanden und erfassen die Gesundheitsgefährdungen **nur im hörbaren Frequenzbereich** und entsprechen **nicht mehr dem Stand der Technik einerseits und der Medizin andererseits**.



Begründung: Die oben beschriebene **Verschiebung des Emissionsspektrums in Richtung niederfrequenterer und stärkerer Schallwellen** ist durch die **A-bewertete** Schalldruckmessung (dB(A)) nicht auch nur annähernd erfassbar, da **wesentliche Anteile der Emissionen nicht berücksichtigt** werden. Die Schalldruckbewertung nach dem A-gewichteten Messverfahren ist der Empfindlichkeit des menschlichen **Gehörs** nachgebildet und bewertet die Frequenzen besonders stark, für die das Gehör besonders empfindlich sind. Dies führt dazu, dass nur hörbare, nicht aber die **insgesamt vom Körper** wahrnehmbare Immissionen berücksichtigt werden.

Lediglich Punkt 7.3 der TA-Lärm beschäftigt sich mit dem Problem des tieffrequenten Schalls oberhalb 10Hz. Dafür wird zusätzlich die C-bewertete Schallmessung herangezogen: Nur hier werden alle Frequenzen nahezu gleich behandelt. Liegt der Unterschied zwischen einer Vergleichsmessung A und C bei mindestens 20 dB, so ist von einer unverhältnismäßig hohen Belastung im tieffrequenten (unterhalb 20 Hz) und Infraschallbereich (unterhalb 16 Hz) auszugehen. **Die Differenz von 20 dB darf im Haus nicht überschritten werden.**

In der Konsequenz ist problematisch, dass die Kriterien für **prognostische** Voruntersuchungen **vor** Bau einer WKA nicht hinreichend sind, da ein Beurteilungsverfahren nur für **gewerbliche** Anlagen existiert. Die Unzulänglichkeit der Bewertung von ILFN kommt außerdem darin zum Ausdruck, dass ein **Entwurf** zur DIN 45680 vorliegt, in dem Infraschall ab 8Hz berücksichtigt werden soll, der aber in der Praxis nicht zur Anwendung kommt.

Gesundheitsgefährdende Wirkungen der Emissionen

Die vorliegende Ausarbeitung geht davon aus, dass auf Grund der deutschen Genehmigungspraxis für Windkraftanlagen die Bestimmungen des BImSchG, der TA-Lärm eingehalten werden. Dies bedeutet, dass im Bereich von Wohngebieten und Kliniken **akute Lärmschäden durch Schall und Infraschall unwahrscheinlich sind.**

Dies bedeutet aber nicht, dass damit jegliche Gesundheitsgefährdung ausgeschlossen wäre. Im Gegenteil. Es ist in der Medizin bekannt, dass **chronische Krankheiten nach dem Dosis-Wirkungsprinzip** (Dosis im Körper ist das Produkt aus Intensität mal Wirkungsdauer) **auch durch unterschwellige Stressoren entstehen können, sofern die Schädigungsdauer und die Periodizität für eine Summation von selbst unterschweligen Wirkungen führen. Die Dosis macht das Gift.**

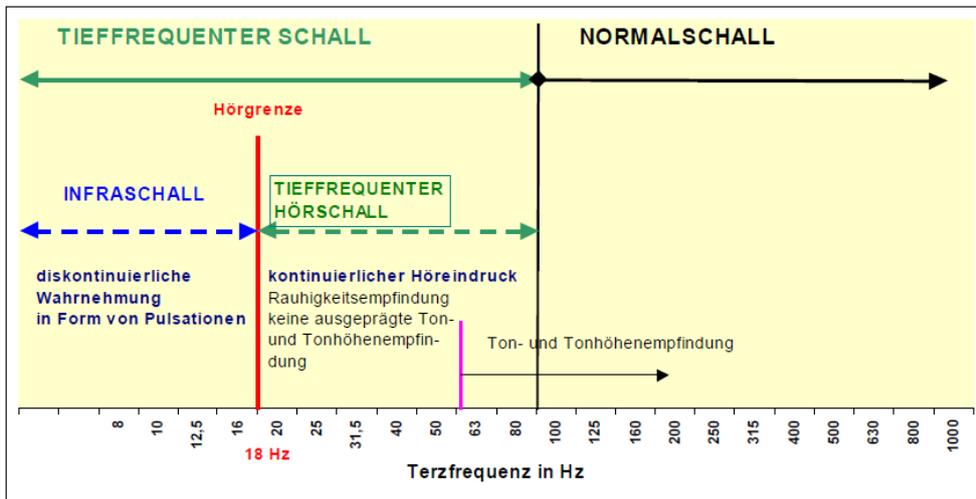
Schallwahrnehmung und -wirkung

Die Wahrnehmung und Wirkung tieffrequenter Geräusche unterscheiden sich erheblich von der Wahrnehmung und Wirkung mittel- und hochfrequenter Geräusche.

Im Bereich zwischen 60 und 16Hz (niederfrequenter Schall) nimmt bei noch vorhandenem Höreindruck die Tonhöhenempfindung ab, die unter 16Hz (Infraschall) völlig verschwindet. Infraschall



kann mit dem **Ohr (aural)** nicht mehr wahrgenommen werden, wird jedoch als Pulsation oder Vibration vom **Körper** aufgenommen (**extraaural**).



Auch die Empfindlichkeit des Hörorgans ist stark frequenzabhängig: die höchste Empfindlichkeit liegt bei 3000-4000 Hz, Geräusche z.B. mit 10 Hz können auch bei 100 dB aural nichtmehr erkannt (=gehört) werden^{vii}.

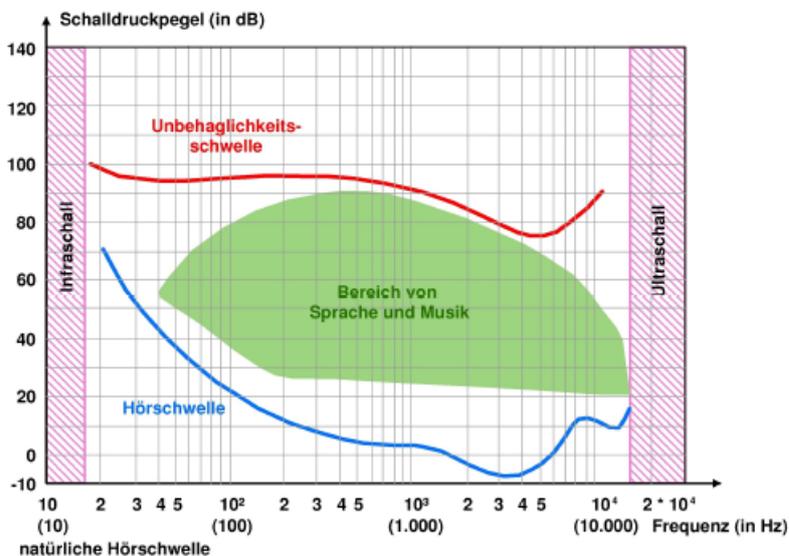


Abbildung 1: Hörbereich des Menschen (verändert, aus SCHOLZ 2003)

Die Wirkungen dabei auf die anderen Körperorgane (Gehirn, Herz-Kreislauf, Leber, Nieren, Magen, Skelett) existieren aber unabhängig vom Gehör (extraaural). Daher ist die vielfache Meinung „was ich nicht höre, ist auch nicht schädlich!“ falsch und medizinisch absolut überholt. Man bedenke nur: Radioaktivität ist unschädlich, obwohl sie nicht sichtbar ist.



Neuere Forschungen^{viii} zeigen, dass physiologische Reaktionen im Hörorgan (Cochlea) einen Höreindruck niederfrequenten Schalls unterdrücken, die Cochlea aber dennoch Signale an das Gehirn sendet. **Die äußeren Haarzellen des Innenohrs (OHC) zeigen eine niedrigere Erregungsschwelle und werden daher durch ILFN (Infrasound + Low-Frequency-Noise) schon bei einem Schalldruck von 60dB bei 10Hz angeregt.** Zudem sind die durch INFN im Hörnerven verursachten weitergeleiteten Elektropotentiale stärker als die durch den lautesten mittelfrequenten Schall entstehenden Anregungen!

Umgekehrt zeigt sich, dass die durch Dämmung reduzierten höheren Schallfrequenzen zu einer Demaskierung von ILFN, also zu einer gesteigerten Wahrnehmung führt.

Die Wirkungen der nicht gehörten, aber im **Gehirn verarbeiteten Schallereignisse** sind vielfältig. Drei Mechanismen sind bekannt.

- Mechanismen der unbewussten Aufmerksamkeitssteigerung: IS beeinflusst die auditive Verarbeitung und die Funktion des Stammhirns (der Schnittstelle von Rückenmark und Gehirn). Hier findet die **Steuerung essenzieller Lebensfunktionen** statt (Herzfrequenz, Blutdruck, Atmung, wichtige Reflexe). ILFN versetzt somit das Stammhirn in einen „Alarmzustand“. → *Schlafstörung, Panik, Blutdruckanstieg, Konzentrationsstörungen*
- Amplitudenmodulation durch Empfindlichkeitsänderung der Inneren Haarzellen (ICH)
→ *Pulsation, Unwohlsein, Stress*
- Endolymphatischer Hydrops
→ *Unsicherheit, Gleichgewichtsstörungen, Schwindel, Übelkeit, „Seekrankheit“, Tinnitus, Druckgefühl im Ohr*

Neben der bislang unbekanntem Schallaufnahme von Infraschall durch die äußeren Haarzellen des Innenohrs (Hörorgan, Cochlea) werden Schallwellen auch vom Vestibularorgan (Gleichgewichtsorgan, Otholitenorgan) empfangen^{ix}. So ist das Gleichgewichtsorgan für Schallwellen von zB. 100Hz um 15dB empfindlicher als das Hörorgan! Es ist bekannt, dass das Gleichgewichtsorgan mit vielen Teilen des Gehirns verbunden ist und Informationen austauscht. Daher können auch bei nach der TA-Lärm per definitionem **unterschwelligem** Schallimmissionen körperliche Wirkungen erzeugt werden: Symptome wie bei Gleichgewichtsstörungen (durch die Anregung der Otholiten) oder Seekrankheit treten auf, die bei Entfernung des Stressors zwar verschwinden, aber bei langer Dauer persistieren.

Primär entsteht eine Unsicherheit durch verzerrte Gleichgewichtssignale und Verschlechterung der Verarbeitung von Gleichgewichtssignalen, sekundär sogar kognitive Probleme, Angst, Panikattacken.

In vielen Fallstudien zusammengetragene Symptome verdichten sich in einem Syndrom, dass durch Dr. Nina Pierpont (USA) als Wind-Turbine-Syndrome zusammengefasst wurde. Die regelmäßig zu findenden Symptome dieses Syndroms sind:



- Schlafstörungen als Hauptbeschwerdebild, welches für sich geeignet ist, vielerlei sekundärerkrankungen nach sich zu ziehen
- Herz- und Kreislaufprobleme, Herzrasen, Bluthochdruck
- Kopfschmerzen
- Unruhe, Nervosität, Reizbarkeit
- Konzentrationsschwierigkeiten
- rasche Ermüdung, verminderte Leistungsfähigkeit
- Depressionen
- Angstzustände
- (Langzeit)Wirkung auf Kinder ???
- ... auf schwangere Frauen ???
- ... auf Menschen mit chronischen Erkrankungen ???

Medizinische Ableitung der notwendigen Mindestabstände

Berechnung für Infraschall (10Hz)

Gegeben sei der Schallpegel von 71dB in 250m Entfernung von einer 1MW-Anlage bei 15m/sec Windgeschwindigkeit (bei geringerem Wind sinkt dieser Wert, bei den heutigen Anlagen mit 3-5MW steigt er)

Tabelle 3: Infraschallpegel, ermittelt in 250 m Abstand von einer 1 MW-Windenergieanlage bei einer Windgeschwindigkeit von 15 m/s

Frequenz	8 Hz	10 Hz	12.5 Hz	16 Hz	20 Hz
L_{eq}	72 dB	71 dB	69 dB	68 dB	65 dB
Hörschwelle	103 dB	95 dB	87 dB	79 dB	71 dB

Pro Abstandsverdoppelung sinkt der Schallpegel um 6dB, bei ungünstigen Wetterlagen und Geländeformationen nur um 3dB ab 200m.

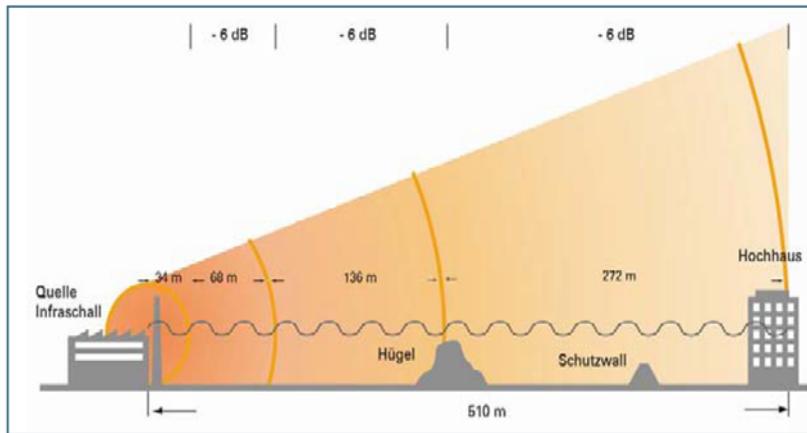


Abb. 4: Bei Infraschall ist die Wellenlänge größer als Wohnhäuser, Bäume und Schutzwälle hoch sind. Deshalb dämpfen sie ihn kaum, der Schallpegel sinkt unabhängig von der Umgebung: verdoppelt sich die Entfernung, nimmt er um sechs Dezibel ab. Im Beispiel dargestellt ist Infraschall von zehn Hertz; er hat eine Wellenlänge von 34 Metern.

Bei mehreren Anlagen wird der Schall je Anlagenpaar um 3 dB verstärkt.

1	84			
2	84	87		
3	84		90	
4	84	87		
5	84			93
6	84	87		
7	84		90	
8	84	87		

Schallpegel 1 WKA	(dB)	84	78	72	66	60	54	48	42	36	30
Schallpegel 1 WKA ./.. Hörschwelle	(dB)	24	18	12	6	0	-6	-12	-18	-24	-30
Schallpegel 8 WKA	(dB)	93	87	81	75	69	63	57	51	45	39
Schallpegel 8 WKA ./.. Hörschwelle	(dB)	33	27	21	15	9	3	-3	-9	-15	-21
Schallpegel 8 WKA ./.. Hörschwelle + Impulzzuschlag	(dB)	36	30	24	18	12	6	0	-6	-12	-18
Abstand der Pegelradien	(m)	34	68	136	272	544	1088	2176	4352	8704	17408
Gesamtentfernung	(m)	34	102	238	510	1054	2142	4318	8670	17374	34782

Daraus folgt, dass für 10Hz und einer Wahrnehmungsschwelle (OHC) von 60dB Infraschall gerade nicht mehr körperlich verarbeitet werden muss in einer Entfernung von:

- 1km – bei einer Anlage
- 3km – bei 8 Anlagen
- >4km – bei Impulshaltigkeit und / oder ungünstigen Umfeldbedingungen (Bergland, Inversion)^{xi}



Schlussfolgerung

Der gesetzlich verankerte Immissionsschutz mit seinen zugehörigen Verordnungen und Normen führt durch das Ausblenden von Infraschall und die Unterbewertung von niederfrequentem Schall zu einer generellen Zunahme dieser Lärmanteile, da Schallquellen auf Grund dieser Gesetzeslage konstruiert und gedämmt werden.

Zudem verweisen staatliche Organisationen und Ämter und in deren Folge auch die Rechtsprechung unaufhörlich auf diese **veralteten Normen**, so dass eine Berücksichtigung der neuen medizinischen Erkenntnisse nicht erfolgt. Lärmschutzmaßnahmen konstruktiver und gesetzlicher Natur greifen nicht, sofern wesentliche gesundheitsgefährdende Lärmanteile nicht gemessen und bewertet werden. Diese sind:

- **niederfrequente und Infraschallemissionen** als direkt krankheitsfördernde Ursachen und
- **Periodizität und Impulshaltigkeit** auch bei unterschwelligen Lärmereignissen sowie
- **Dauerhaftigkeit und Unausweichlichkeit** als indirekt krankheitsfördernde Ursache als Folge einer chronisch-psychischen Verarbeitungssituation.

Staatlicher Gesundheitsschutz und Risikovorsorge muss so lange von einer Schädigungsmöglichkeit ausgehen, wie nicht schlüssig bewiesen ist, dass niederfrequenter und Infraschall in den derzeit zulässigen Abstandregeln nicht zu Gesundheitsschäden führen kann. Die geplante massive Zunahme von Windkraftanlagen in der Nähe menschlicher Behausungen, ausschließlich aus wirtschaftlichen Gründen derart plziert, darf ohne ausreichenden Sicherheitsabstand nicht mehr zugelassen werden. Zunehmend kritische juristische Beurteilung der Genehmigungspraxis und weitere Bestätigung kritischer medizinischer Forschungsergebnisse wird zu ausreichend belastbarer Evidenz führen, die derzeit gültigen Lärmverordnungen außer Kraft zu setzen. Dies wird bei Fortsetzung der derzeitigen grenzwertigen Genehmigungen zu einer nachträglich umfangreichen Stilllegung einst genehmigter Anlagen führen mit desaströsen Folgen für die Natur und die finanzielle Situation der Kommunen. Eine Lawine von Schadensersatzforderungen wird die ursprünglich schön gerechnete Investitionsrechnung der Betreiber in einem anderen Licht erscheinen lassen. Anlagen werden nach Stilllegung nicht zurückgebaut werden. Anblick und Schaden an der Natur bleiben.

Vor allem aus gesundheitlichen Gründen, aber auch aus den sich daraus ergebenden wirtschaftlichen Folgen, müssen folgende Forderungen aufgestellt werden:

1. Anpassung der Gesetze und Verordnungen an den aktuellen Wissensstand der Medizin (staatliche Pflicht zum Schutze der menschlichen Gesundheit und des menschlichen Lebens; Art.2 Abs.2 S.1 Grundgesetz).



2. Das Gleichsetzen und Vermischen von Hörschallgrenze mit der körperlichen Wahrnehmung zu ist unterbinden. Die periodische, unterschwellige und dauerhafte Immissionswirkung muss endlich berücksichtigt werden.

3. In die Ausschlußbedingungen für WKA ist der Mindestabstand zu bewohnten Gebäuden mit mindestens 3 km gemäß Empfehlung der WHO (Weltgesundheitsorganisation) aufzunehmen.

4. Verzicht der Kommunen auf rein finanziell motivierte Windkraft in dicht besiedelten Gebieten durch überregionale Kooperation und Partizipation.

5. Erneuerbare Energiekonzepte ohne übermäßige zusätzliche Schädigung des menschlichen Lebensraumes und der Natur.



Literaturangaben:

- ⁱ MAUSFELD, Prof. Dr. Rainer: Christian-Albrechts-Universität Kiel, Institut für Psychologie, 2000
- ⁱⁱ MØLLER, H., PEDERSEN, S.: Tieffrequenter Lärm von großen Windkraftanlagen – Übersetzung der dänischen Studie, 2010
- ⁱⁱⁱ BARTSCH, Dr. Ing. Reinhard: Biologische Wirkung von luftgeleitetem Infraschall, 2007
- ^{iv} HUBBARD, H. H., SHEPHERD, K. P., Aeroacoustics of large wind turbines, J. Acoust. Soc. Am., 89 (6), 2495-2508, 1991.
- ^v BORGMANN, Rüdiger, Fachverband Strahlenschutz: Infraschall, 2005
- ^{vi} KRAHE, Prof. Dr. ing. Detlef: Tieffrequenter Lärm- nicht nur ein physikalische Problem, 2010
- ^{vii} SCHOLZ, S.: Güte der visuellen und auditiven Geschwindigkeitsdiskriminierung in einer virtuellen Simulationsumgebung. Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades im Fachbereich Sicherheitstechnik. Bergischen Universität Wuppertal. S. 117., 2003
- ^{viii} SALT, Prof. Dr. Alec, Ph.D.: Kann Infraschall das menschliche Innenohr beeinflussen, 2012
- ^{ix} PIERPONT, Nina, MD, PhD: Wind Turbine Syndrome & the Brain, 2010
- ^x Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU): Windkraftanlagen – beeinträchtigt Infraschall die Gesundheit?, 2012
- ^{xi} KUCK, Dr. Eckhard, Ärzteforum Emissionsschutz: Ableitung medizinisch notwendiger Abstände von WKAs