

## Lärm kann krank machen

Umweltjournal Rheinland-Pfalz (S.12-13)

Von Peter Schulte-Hubbert, Ministerium für Umwelt und Forsten

Lärm ist Schall, der als lästig empfunden wird oder zu gesundheitlichen Beeinträchtigungen führen kann. Hierbei ist zwischen der auralen und der nicht-auralen Wirkung des Lärms zu unterscheiden, die auf unterschiedliche Ausgangssituationen zurückzuführen sind.

### **Aurale Lärmwirkung**

Von der auralen Lärmwirkung wird bei Gehörschäden durch Geräusche gesprochen. Hierbei werden durch jahrelange Einwirkung von Geräuschpegeln über 85 Dezibel (dB(A) -bezogen auf acht Stunden pro Tag beziehungsweise 40 Stunden pro Woche - die zirka 30.000 Haarzellen im Innenohr geschädigt. Auch durch hochintensiven und extrem dynamisch einwirkenden Schall können die Haarzellen verwirbeln, verklumpen und sogar ausgerissen werden. Die Schädigung der Haarzellen lässt sich nicht mehr rückgängig machen. je höher die Schallintensität ist, je geringer ist die für eine bleibende Schädigung erforderliche Einwirkungszeit. So genügt ein Pegel von 125 dB(A), um innerhalb von einer Sekunde das Gehör zu schädigen.

### **Schwerhörigkeit**

Etwa 15 Millionen Menschen in Deutschland sind schwerhörig. Während in einigen Fällen die Schwerhörigkeit durch Medikamente oder durch einen operativen Eingriff geheilt oder vermindert werden kann, ist dies bei der Mehrzahl der Bevölkerung nicht möglich. Hierbei sind nicht nur ältere Menschen von Hörproblemen betroffen. Zunehmend leiden auch junge Menschen durch überlauten Musikgenuss an diesen Problemen. Messungen von Pegelverläufen in Diskotheken oder bei Popkonzerten haben gezeigt, dass dort häufig Dauerschallpegel von weit über 100 dB(A) herrschen. Unmittelbar in der Nähe von Lautsprechern bei Rockkonzerten wird sogar die Schmerzgrenze von 120 dB(A) überschritten. Untersuchungen belegen, dass bei Diskothekenbesuchern mit auffälligem Hörverlust insgesamt 23 Prozent der Fälle dem Einfluss des Diskothekenlärms zuzuschreiben sind. Auch das Tragen von ohrnahen Schallquellen wie Walkman stellt ein gesundheitliches Problem dar. So werden 44 Prozent der Fälle von Hörschäden lautem Walkman-Hören zugeschrieben.

Zwar können behördlicherseits zum Beispiel bei Diskotheken- und Rockveranstaltungen Schallpegelbegrenzer gefordert werden, dies trifft jedoch auf erheblichen Widerstand seitens der Veranstalter und der Besucher. Es muss daher immer wieder auf die Gefahren hingewiesen und für eine Reduktion des Schalldruckpegels plädiert werden. Sollten zudem Nachbarn bei Freiluftveranstaltungen durch unzulässig hohe Lärmimmissionen belästigt werden, können seitens der zuständigen Behörde ebenfalls Schallpegelbegrenzer gefordert werden.

Die Dezibelskala ist logarithmisch aufgebaut. Was das bedeutet, lässt sich an Beispielen zeigen: Eine Verdoppelung des Schalldruckes wenn man etwa eine Anlage durch eine zweite, gleichlaute ergänzt - zeigt an einem Messgerät die Zunahme von drei dB an. Vier gleichlaute Anlagen statt einer bedeuten eine Schallzunahme von sechs dB, zehn gleichlaute Anlagen erhöhen den Schallpegel um zehn dB. Die Verzehnfachung des gemessenen Schalldrucks entspricht einer Verdoppelung eines Geräusches in der subjektiven Wahrnehmung. Wenn also eine Kreissäge den Lärm in der Stärke von 100 dB(A) verursacht, erhöhen neun zusätzliche Kreissägen gleicher Lautstärke den Pegel auf 110 dB(A). Das menschliche Ohr nimmt diese Erhöhung als Verdoppelung wahr. In der Diskussion beispielsweise um Disco-, Straßen- oder Fluglärm sollte man daher nicht dem Irrtum unterliegen, die Dezibelskala sei wie eine Prozent-Skala zu lesen.

# Nicht-aurale Lärmwirkung (vgl. Infraschall)

## **Vegetative Lärmwirkung**

Lärm wirkt nicht nur auf den Gehörsinn, sondern kann auch den Gesamtorganismus beeinflussen. So wird das Nervensystem direkt oder indirekt erregt und beeinflusst wiederum eine Reihe von vegetativen Funktionen wie:

- Freisetzen von Kortisol, Adrenalin und Noradrenalin, - Steigerung von Herzfrequenz, Blutdruck, Atmungsfrequenz, Schweißsekretion, Magensaftproduktion, - Vergrößerung der Pupillenfläche, - Erhöhung der Muskelspannung, - Verringerung von peripherer Durchblutung und Hautwiderstand.

Hierdurch zeigt der Organismus an, dass er auf ein erhöhtes Aktionsniveau angehoben wird. Durch übermäßig hohe und langeinwirkende Schallbelastungen kann es somit zu Gesundheitsbeeinträchtigungen kommen. Im nicht-auralen Bereich ist aber nicht mit einer spezifischen Lärmkrankheit zu rechnen. Lärm wirkt vielmehr als Stressfaktor, der Erkrankungen begünstigt, die durch Stress mitverursacht werden. Hierzu zählen insbesondere Herz-Kreislaufkrankungen.

Wissenschaftliche Untersuchungen an gesunden Erwachsenen zeigen, dass Risikoerhöhungen bei Straßenverkehrslärm mit äquivalenten Dauerschallpegeln (über das Jahr gesehen) von tags außen über 65 dB(A) einsetzen. Oberhalb von Dauerschallpegeln von 90 dB(A) ist mit großer Wahrscheinlichkeit eine Risikoerhöhung zu erwarten. Untersuchungen des Umweltbundesamtes belegen, dass etwa 16 Prozent der Bevölkerung in der Bundesrepublik Deutschland diesen 65 dB(A) ausgesetzt sind. Die epidemiologischen Untersuchungen gehen davon aus, dass diese Menschen ein um etwa 20 Prozent erhöhtes Risiko für Herzinfarkte haben. Für das Jahr 1998 haben Herzspezialisten (nach Aussage des BUND) die Zahl der durch Straßenlärm verursachten Herzinfarkte mit mindestens 10.000 beziffert.

## **Kommunikationsstörungen**

Vor allem bei Kindern stört Lärm die Konzentrationsfähigkeit und das Lernvermögen. Auch bei Erwachsenen kann Lärm die sprachliche Kommunikation beeinflussen. Beeinträchtigungen der Spracherkennung und der Sprachproduktion können bewirken, dass:

- Informationsverluste entstehen,
- Kommunikationsdauern verlängert werden,
- Gedankenketten abreißen,
- Anstrengungen beim Hören und Sprechen auftreten, die das übliche Maß übersteigen und Spracherwerb von Säuglingen, Klein- und Schulkindern negativ beeinflussen sowie
- hörbehinderte Kinder überdurchschnittlich gestört werden.

Das Verstehen oder Nichtverstehen von Sprache ist ein wichtiger Faktor bezüglich der Belästigung. So haben Menschen keine Lust, sich in lauter Umgebung längere Zeit mit angehobener oder gar schreiender Stimme zu unterhalten. Unterhaltungen werden daher abgebrochen und auf das Notwendigste beschränkt. Auch Unterbrechungen durch kurzfristige Lärmeinwirkungen werden als belästigend und ärgerlich erlebt, da Gedankenketten abreißen können.

Besonders störend wird empfunden, wenn gewünschte Informationen irreversibel verloren gehen, vor allem beim Hören von Hörfunk- und Fernseh-Sendungen, da hierbei keine Rückfragemöglichkeit besteht.

Pegelbereiche für und Umwelt

<b>dB(A)</b>	<b>- Beispiele</b>
0	- Definierte Hörschwelle
10	- Blätterrauschen im Wald
20	- Tropfender Wasserhahn
30	- Flüstern
40	- Brummen eines Kühlschranks; leise Radiomusik
50	- Leise Radiomusik; übliche Tagespegel im Wohnbereich
60	- Umgangssprache; PKW in 15 m Abstand
70	- Staubsauger
80	- PKW mit 50 km/h 1 m Abstand; max. Sprechlautstärke
90	- LKW-Motor 5 m Abstand; PKW mit 100 km/h in 1 m Abstand
100	- Kreissäge; Lärm in einem Kraftwerk; Posaunenorchester
110	- Propellerflugzeug 7m Abstand; Bohrmaschine; laute Diskothek
120	- Verkehrsflugzeug 7 m Abstand; Beginn der Schmerzgrenze
130	- Düsenjäger 7 m Abstand; Walkman Maximalbelastung; Schmerzgrenze
160	- Gewehrschuss in Mündungsnähe

## ZDF 2.10.02 Abenteuer Wissenschaft

<http://www.zdf.de/ZDFde/inhalt/0,1872,2015928,FF.html>

### **Seit Mitte der 90er Jahre gibt es eine große Zahl von nicht identifizierbaren Infraschallgeräuschen**

Wie das Grollen eines Gewitters klingt ein unterseeisches Beben. Dieses Infraschallgeräusch kann ein Mensch erst hören, wenn es mit mehrfacher Geschwindigkeit abgespielt wird, denn die Infraschallschwingungen sind zu langsam für das menschliche Trommelfell.

### **Gefährlichkeit des Schalls**

Am 10. März 1996 geht die erfahrene Taucherin Chris Reed unter Wasser. Der Tauchgang verläuft normal. Später klagt sie über Gleichgewichtsstörungen und kann kaum noch sprechen. Es sind Symptome wie nach einem schweren körperlichen Trauma. Während ihres Tauchgangs hatte die Navy Sonare getestet. Chris Reed war dem enormen Schall ausgesetzt.

Mediziner gehen davon aus, dass der Schall Luft im Körper der Taucher sowie Gasbläschen im Blut zu Schwingungen anregt. Bei starken Resonanzschwingungen können Gefäße platzen. Infraschall liegt mit einer Frequenz unterhalb von etwa 20 Hertz außerhalb des menschlichen Hörbereichs. Auswirkungen derartiger Frequenzen wie Infraschall werden als Schwingungen oder Erschütterungen wahrgenommen.

**Langwelliger Infraschall** kann mehrere Tausend Kilometer zurücklegen

Auch in Deutschland gibt es Hinweise aus einem Forschungsbereich des Bundesamtes für Geowissenschaften. Die Wissenschaftler dort beschäftigen sich mit weit entfernten starken Explosionen. Langwelligen Infraschall wie er zum Beispiel bei Atomwaffentests entsteht generiert Schallwellen, die man noch in einer Entfernung von Tausenden von Kilometern messen kann. (Station des Bundesamtes für Geowissenschaften, Messstation im Bayerischen Wald)

Auch bei Vulkanausbrüchen sind die tiefen, nicht hörbaren Frequenzen registriert worden. Die Infraschallmessanlage des Bundesamtes für Geowissenschaften kann Geräusche aufzeichnen, bei denen jedes andere Messinstrument bislang versagt. Auch die Explosion einer Chemiefabrik im französischen Toulouse wurde im Bayerischen Wald aufgezeichnet. Die stationäre Messstation besteht aus fünf Anlagen, die in einem Radius von vier Kilometern plaziert sind. Durch Berechnung von Zeit, Windrichtung und Windgeschwindigkeit lässt sich ein Schallereignis im näheren Bereich anpeilen. Schallereignisse in größeren Entfernungen werden mit den weltweit installierten Anlagen gemessen. - Niederlande, Deutschland, 13. Mai 2000, Explosion einer Feuerwerkfabrik in Enschede: Die Infraschallwellen der Detonation brauchen knapp 40 Minuten für die 625 Kilometer Luftlinie von Enschede bis in den Bayerischen Wald.

### **Konstrukteure verlegen hörbaren Lärm in den nicht mehr hörbaren Infraschallbereich Bedenklicher Nebeneffekt**

Tieffrequente Töne kann man nur durch mehrfaches Beschleunigen hörbar machen. Dr. Henger vermutet im Bereich des Infraschalls Gefahren, die in der Diskussion um Lärmschutz bisher viel zu kurz kommen: Zwar werden die Autos immer leiser, doch der Erfolg wird mit einem bedenklichen Nebeneffekt erkaufte. Mit Tricks verlegen Konstrukteure hörbaren Lärm in den tieffrequenten und nicht mehr hörbaren Infraschallbereich, der in den Lärmschutzvorschriften kaum berücksichtigt wird. Das gleiche gilt auch für den rapide wachsenden Luftverkehr. Eine Tages könnte sich herausstellen, dass die Infraschall-Emissionen der Flugzeuge ein größeres Problem darstellen, als der ohrenbetäubende Lärm der Triebwerke.

**Sounddesigner nutzen tiefe Töne aus dem Infraschallbereich, um bei den Zuschauern gezielt bestimmte Emotionen zu wecken...**

### **Dolby Surround**

Seit Mitte der 90er Jahre vollzieht sich in den Kinos nach und nach eine kleine tontechnische Revolution. Dolby Surround und andere High-Tech-Tonsysteme verschaffen ein völlig neues Kino-Sound-Erlebnis. So setzte etwa der Hollywoodschocker "Das Schweigen der Lämmer" (USA 1991) als einer der ersten Filme Töne ein, die von den Zuschauern gar nicht gehört werden. Jedoch wirken sie in Form einer beunruhigenden Vibration direkt in der Magengegend. **Die Töne dringen ins Unterbewusstsein und verursachen Angst und Beklommenheit.**

## **Wirbelschleppen - Turbulenzen** (vereinfacht für Laien dargestellt)

Aufgrund der Profilform wird die anströmende Luft auf der Unterseite des Tragflügels verzögert (beim Rotor wäre das die Leeseite), auf der Oberseite hingegen beschleunigt (Luvseite des Rotorblattes). Verzögerung einer Unterschall-Strömung ist immer mit einem Druckanstieg, Beschleunigung immer mit einer Druckabsenkung verbunden. Soweit die Physik strömende Medien in Kurzform.

Daraus folgt sofort, daß zwischen Unter- und Oberseite des Tragflügels eine Druckdifferenz besteht, der Tragflügel also einen Auftrieb liefern kann. Genau aus dem Grund kann ein Flugzeug vom Boden abheben, Adler und andere Vögel ebenfalls, zumindest im Gleitflug. Wenn die mit den Flügeln schlagen, sind die Verhältnisse nicht grundlegend anders, nur verwickelter. (Bei Eulen und anderen Vögeln mit großem Körper gilt die Tragflügeltheorie ausdrücklich nicht, ebenso bei Insekten mit großem Körper (Hummel und andere). Weil die aber nix von Physik wissen, können sie trotzdem fliegen.)

Druckunterschiede wollen sich ausgleichen! Die einzige Möglichkeit dazu haben sie um die Flügelspitze herum. Da strömt dann die Luft von der Unterseite zur Oberseite, infolgedessen kommt es zu einer Drehung der die Kante umströmenden Luft, und schwupp ist der Wirbel da. Da der sich nirgendwo festkrallen kann, schwimmt er mit der abfließenden Strömung einfach nach Lee ab, bildet sich aber, weil die Druckdifferenz ja weiterbesteht, sofort neu, solange, wie der Flügel Auftrieb erzeugt.

Auf den Rotor (WKA oder Hubschrauber) übertragen gilt das alles genauso, auch wenn die Strömungsverhältnisse wegen der Drehung etwas komplizierter sind. **Das heißt also, daß der Rotor drei Wirbelspiralen erzeugt (pro Blatt eine), die wie ein Schraubengewinde sich durch die Luft bewegen. Die Stärke der Wirbel hängt natürlich von der Windgeschwindigkeit ab.**

Wenn wir mal annehmen, daß die Lebensdauer der Wirbel bei mittlerem Wind (5 m/s) drei Minuten beträgt (so wie ich die Dinger bei 3 Bft in Baesweiler gehört habe, ist das eher zuwenig), ehe sie durch Reibung ihre Energie verloren haben, ist die Wirbelschleppe noch in 900 Metern Entfernung zu spüren (5 m/s mal 180 Sek. gleich 900 Meter).

**Hinzu kommt noch etwas, was in der Diskussion gerne vergessen wird:** Dadurch, daß der Rotor der strömenden Luft Energie entzieht und damit abbremst, ist der Durchmesser der Stromröhre hinter dem Rotor größer als vor ihm, aber auch größer als der Rotordurchmesser. Das wiederum heißt, daß die Wirbelschleppe, die sich ja am Außenrand der Stromröhre (Blattspitze) bildet, sich mit dieser ebenfalls nach außen vergrößert. Also kann ein Rotor von z. B. 70 Meter Durchmesser in einiger Entfernung leewärts durchaus eine Schleppe von z. B. 100 Metern Durchmesser hinter sich

haben, evtl. auch mehr, was wiederum der Grund sein dürfte, daß bei passender Windrichtung und -stärke bei Anton die Dachziegel klappern, weil die Schleppe näher am Boden ist, als es dem Rotordurchmesser entspricht. Soweit ein paar Anmerkungen zur Strömung am Rotor.

Die Windräder z. B. in Baesweiler-West sind ca. 1000 Meter von Antons Haus entfernt. Wie wir am 01.05.02 das Flirren der Randwirbel (Wirbelschleppe) alle drei gehört haben, müssen wir davon ausgehen, daß diese Wirbel sich weit mehr als die zugegebenen 200 Meter nach Lee bewegen. Von Flughäfen à la Düsseldorf ist bekannt, daß kleinere Flugzeuge erst "mehrere Minuten" nach dem Start eines Großflugzeuges starten dürfen. Die würden schlicht und ergreifend umgeworfen, wenn sie in die Wirbel eines startenden Jumbos oder Airbus geraten würden. Also wird auch hier gelogen und verharmlost und verniedlicht. - Karl Beiß, Aachen

## Tieffrequente Geräuschmissionen und ihre Beurteilung

Physikalische Lehrbücher beschreiben das Problem des tieffrequenten Schalls häufig nur unzureichend. Die Aussagen darin lauten sinngemäß: "Die untere Frequenzgrenze des menschlichen Hörbereiches liegt bei etwa 16 bis 20 Hz – tieferfrequenter Schall, sogenannter Infraschall, ist nicht hörbar."

Verschiedene, zum Teil schon 60 Jahre alte Untersuchungen zeigen allerdings: das menschliche Ohr ist durchaus in der Lage, Luftdruckschwankungen im Infraschallbereich wahrzunehmen, und zwar bis herab zu etwa 1 Hz. Was bei höheren Frequenzen gilt, ist auch hier richtig: Infraschall kann erst nach Überschreiten eines bestimmten Schalldruckpegels wahrgenommen werden. Allerdings nimmt die Empfindlichkeit des Ohres zu tiefen Frequenzen hin sehr stark ab. So liegt die Hörschwelle bei 100 Hz um 23 dB, bei 20 Hz schon über 70 dB. Bei 4 Hz liegt die Wahrnehmbarkeitsschwelle gar um 120 dB.

In der Praxis treten immer wieder Lärmbeschwerden auf, bei denen trotz glaubhaft vorgetragener starker Belästigungen nur relativ niedrige A-bewertete Schalldruckpegel gemessen werden können. Solche Lärmeinwirkungen sind geprägt durch ihre tieffrequenten Geräuschanteile, in der Regel verbunden mit deutlich hervortretenden Einzeltönen. Im Wohnbereich werden tieffrequente Geräusche, insbesondere zu Zeiten allgemeiner Ruhe wie z.B. nachts, schon dann als störend empfunden, wenn sie gerade wahrnehmbar sind. Betroffene klagen über ein im Kopf auftretendes Dröhn-, Schwingungs- oder Druckgefühl, oft verbunden mit Angst- und Unsicherheitsempfindungen, sowie über eine Beeinträchtigung ihrer Leistungsfähigkeit.

Die Wahrnehmung und Wirkung überschwelliger tieffrequenter Geräusche weichen deutlich von der Wahrnehmung und Wirkung mittel- oder hochfrequenter Geräusche ab. Im Frequenzbereich unter 20 Hz fehlen Tonhöhen- und Lautstärkeempfindung. Man empfindet Luftdruckänderungen vielmehr als Pulsationen und Vibrationen, verbunden mit einem Druckgefühl auf den Ohren. Im Frequenzbereich von 20 Hz bis etwa 60 Hz ist die Tonhöhen- und Lautstärkewahrnehmung nur schwach ausgeprägt. Vielfach sind hier Fluktuationen (Schwebungen) wahrzunehmen. Im Frequenzbereich ab 60 Hz schließlich findet der Übergang zur normalen Tonhöhen- und Geräuschempfindung statt. Der Übergang von einem Frequenzbereich zum nächsten erfolgt fließend, Wirkungen überlappen sich. **Aus Sicht der Lärmbekämpfung erscheint es allerdings unerheblich, ob man die Infraschallwahrnehmung als "Hören" oder eher als "Fühlen" bezeichnet.**

### **Tieffrequente Schwingungen gehen "durch"**

Zur Ausbreitung tieffrequenter Geräusche von der Quelle in die Nachbarschaft kommen Körperschall- oder Luftschallausbreitung in Frage. Bei Körperschallausbreitung werden Schwingungen von der Quelle durch feste Stoffe (z.B. Fundamente, Erdreich, Decken, Wände) zum Einwirkungsort hin übertragen. Dort strahlen die Gebäudedecken oder Wände die Körperschallschwingungen als "sekundären Luftschall" in den Raum hinein ab. Bei der Übertragung tieffrequenter Schwingungen in festen Körpern sind die Dämm- und Dämpfungswirkungen auf dem Ausbreitungsweg weit geringer als bei höherfrequenten. Andererseits können bei der Anregung von Gebäudedecken und Wänden Resonanzeffekte auftreten. Auf dem gesamten Ausbreitungsweg können sich all diese Erscheinungen derart komplex ausprägen, daß – vom Emittenten gesehen – weiter entfernt gelegene Gebäude oder Gebäudeteile stärkere Einwirkungen zeigen als näher gelegene.

Auch bei der Übertragung von Geräuschen in der Luft wird auf dem Ausbreitungsweg tieffrequenter Schall weniger gedämpft als höherfrequenter. Ein ähnliches Frequenzverhalten zeigt die Schalldämmwirkung der Außenbauteile von Gebäuden, z.B. der Fenster oder Wände. Zusätzlich kann in geschlossene Räume eingekoppelter tieffrequenter Luftschall durch Raumresonanzen erheblich verstärkt werden. Es kommt dann zur Ausbildung sogenannter "stehender Wellen", wodurch zumindest lokal relativ hohe Pegel bei vergleichsweise geringem Schalleintrag verursacht werden. Dieser Effekt ist unabhängig von der Art der Transmission.

In den 80-er Jahren wurden die Erkenntnisse bezüglich tieffrequenter Schallimmissionen systematisch zusammengefaßt. Hierbei zeigte sich deutlich, daß tieffrequenter Schall als eine besondere Lärmart betrachtet werden sollte, deren Störwirkung sich nur unzureichend durch den A-bewerteten Geräuschpegel beschreiben läßt. 1992 wurde der Normentwurf DIN 45680 "Messung und Beurteilung tieffrequenter Geräuschimmissionen in der Nachbarschaft" veröffentlicht.

Nach dieser Norm werden die tieffrequenten Einwirkungen durch die jeweiligen Beurteilungspegel und Maximalpegel in den 10 Terzfrequenzbändern zwischen 10 und 80 Hz beschrieben. Zu ermitteln sind diese Pegel innerhalb eines Gebäudes, und zwar in dem am stärksten betroffenen Raum an der lautesten Stelle und bei geschlossenen Türen und Fenstern. Enthält das Geräusch einen hervortretenden Einzelton, so sind in demjenigen Terzband, das den Einzelton enthält, Terz-Beurteilungspegel und Terz-Maximalpegel mit der Hörschwelle zu vergleichen. Gegebenenfalls ist die Hörschwellenüberschreitung den Anhaltswerten nach dem Beiblatt 1 zu DIN 45680 gegenüberzustellen. Enthält das Geräusch keinen hervortretenden Einzelton, sind die Terzpegel nach der A-Bewertung zu gewichten und die Beurteilungspegel der 10 Terzbänder energetisch zu addieren. Die Ergebnisse können mit den entsprechenden Anhaltswerten verglichen werden. Im allgemeinen liegen keine erheblichen Belästigungen vor, wenn die Anhaltswerte nicht überschritten werden. <http://www.lfu.baden-wuerttemberg.de/lfu/abt3/laerm/kap-11.htm>

Die Rotorflügel sind exzellente Erzeuger von luftgeleitetem Infraschall

Leider ist dieser mit der bekannten Schallmeßtechnik nicht zu messen, deren Meßgrenze liegt in der Regel oberhalb 20 Hz, die Schallabstrahlung von Windkraftanlagen braucht sogar erst oberhalb 45 Hz gemessen werden. Infraschall liegt aber definitionsgemäß zwischen 0,1 und 20 Hz.

Ein normales Lärmmeßgerät kann nur den Pegel des „hörbaren“ Anteils bestimmen, über Pegelhöhen des ebenfalls vorhandenen Infraschall kann bestenfalls eine qualitative Aussage getroffen werden.

Bei der Frequenz von 5 Hz erreichen heute übliche Windblätter in Normalbetrieb Pegel von 80 dB etwa 150m in Windrichtung, Kompressoren und Rammhären können bei 10 Hz Frequenz Pegel von 120 dB erreichen. Angaben über neue Anlagen mit Masthöhen um und über 100m sind nicht

bekannt. Übrigens auch das „Meeresrauschen“ hat viel Infraschall-Anteile, der bei Sturm beachtliche Pegel erreicht - nur ist Wind eben kein Sturm (Windräder werden dann meist stillgelegt) und der Sturm ist nach ein paar Stunden vorüber.

Viele gleichartige Anlagen erhöhen den Schallpegel (genau errechnet sich der Pegel nach einer logarithmischen Funktion). Wichtig ist auch, dass der allseits bekannte Hörschutz bei diesen niedrigen Frequenzen keine Dämmwirkung besitzt. Jeder kennt das: wenn im Mehrfamilienhaus eine Fete gefeiert wird, wummern die Bässe ungedämmt durchs ganze Haus und bringen die Mitbewohner zur Verzweiflung - weil sich die tiefen Frequenzen so schlecht dämmen lassen. Grundsätzlich ist Infraschall Schall wie jeder andere. Die Auswertung von 100 Literaturquellen zeigt, dass die gleichen Wirkungen auf Gesundheit und Wohlbefinden wie bei hörbarem Schall und damit Lärm nicht auszuschließen sind. ....

Die zunehmende Quellenzahl von Infraschall durch die in letzter Zeit verstärkt errichteten und noch in Planung befindlichen Windkraftanlagen werden hoffentlich das öffentliche Bedürfnis nach Klärung verstärken und größere Forschungsprojekte ermöglichen.

Aus heutigem Kenntnisstand heraus sollten Windkraftanlagen deshalb lediglich weitab von menschlichen Ansiedlungen, besser noch, nicht in deren Sichtweite errichtet werden. Diese Faustregel hat keine besondere wissenschaftliche Begründung, sondern ist der Intensitätsabnahme von Schall pro Meter Abstand geschuldet, die für jede Art Schall gilt.

Klar ist, dass es heute weder gesetzliche Regelungen noch standardmäßige Meßtechnik, geschweige denn ein standardisiertes Meßverfahren zur Bestimmung und Bewertung von Infraschall gibt.

Lediglich der Flimmereffekt bei niedrigem Sonnenstand gilt für Windkraftanlagen als akzeptierter Kontrapunkt bei raumordnerischer Planung. Hoffnung besteht allein auf das Bundesimmissionschutzgesetz, dass hörbare Pegel oberhalb 45 db nachts nicht zulässt.

Grundsätzlich muss auch für solche neuen Technologien, heute von Teilen der Bevölkerung als grundsätzlich positiv akzeptiert, die gleiche Unbedenklichkeit gelten, wie für alle andere Technik auch.

In einem Land mit einer Rasenmähverordnung muss aber auch gelten, dass allein die Störung der Befindlichkeit - und diese wird bereits durch zahlreiche Bürgerinitiativen artikuliert - ausreichen muss, um von bestimmten Bauvorhaben Abstand zu nehmen. erinnert sei an die Fluglärm- oder Verkehrslärmdebatte. Hier ging es in erster Linie nicht um zu erwartende Gesundheitsstörungen, sondern um Störungen von Kommunikation und Nachtruhe. - Dies muss die Windkraftlobby begreifen lernen.

Der Autor hat im Rahmen seiner wissenschaftlichen Tätigkeit 15 Jahre lang über extraurale Lärmwirkungen geforscht. Ein besonderer Schwerpunkt war dabei die individuelle Lärmempfindlichkeit des Menschen. - Dr. Reinhard Bartsch



## **Infraschallmessungen: Messungen mit einem hochempfindlichen seismischen Schwingungsaufnehmer bzw. Infraschall-Mikrofon ! (Karl Beiß)**

**Meßstationen Eichen !**

Schallprognosen werden nach einem Windprofil berechnet. Das logarithmische Windprofil liegt nur bei einer neutralen Temperaturschichtung vor, diese ist in der Regel nur zu bestimmten Tageszeiten kurzzeitig gegeben. Für den Großteil des Tages liegen stabile oder labile Temperaturschichtungen und damit abweichende Windprofile vor.

### **"Hohe Mühlen fangen viel Wind"**

Das Projekt der Uni Groningen versucht eine Erklärung für die Tatsache zu geben, dass Windturbinen bei bestimmten Wetterbedingungen mehr Geräusche produzieren und dadurch auf größeren Abstand zu hören sind als dies nach der üblichen Theorie möglich ist. Diese Theorie besagt, dass die Windgeschwindigkeit logarithmisch mit der Höhe zunimmt. Aus unserem Projekt folgt, dass dieser Zusammenhang zwischen Geschwindigkeit und Höhe bei einer stabilen Atmosphäre nicht gilt. Die Windgeschwindigkeit nimmt bei zunehmender Höhe schneller zu.

**Ausgehend von der Windgeschwindigkeit auf 10 m Höhe wird die Windgeschwindigkeit auf Achsenhöhe größer sein, als es die logarithmische Funktion ausweist.**

**Eine Windturbine wird dadurch mehr Geräusche produzieren.**

Ein ausgedehntes Netz von Einzelmeßstellen, um die Emission bewerten zu können Wetterlagen mit wenig Wind in Bodennähe, um Eigengeräusche an der Meßeinrichtung zu minimieren. Dazu stabile Wetterlagen mit bestenfalls geringfügiger Änderung der Windrichtung über die Meßdauer, weil ansonsten das gesamte Meßnetz immer wieder umgebaut werden müßte.

Nächte: Grund ist, daß das der berechneten Schallemission von WKA zu Grunde liegende "logarithmische Windgesetz" bei stabiler Schichtung der Atmosphäre nicht oder nur stark eingeschränkt gilt. Infolgedessen sind die Windgeschwindigkeiten in Nabenhöhe deutlich höher als sie sich nach dem logarithm. Windgesetz für instabile Schichtung (tagsüber bei thermisch induzierter Durchmischung der Atmosphäre) ergeben. Insofern haben alle Anwohner von WKA recht, wenn sie insbesondere nachts über Geräuschbelästigung klagen. Insofern sind auch alle Berechnungen zur Geräuschemission von WKA nachweislich falsch!

"Einige Nächte" deswegen, weil nachts die Atmosphäre überwiegend stabil geschichtet ist, die Schallsignale der WKA's also durchaus aus dem Umgebungslärm herauszuhören sind, aber auch, weil eine Einzelmessung nicht so ohne weiteres verwertbar ist, insbesondere vor Gericht angezweifelt werden kann.

Das Meßprogramm müßte umfassen:

- verschiedene Entfernungen von der/dem WKA/Windpark,
- Messungen in momentaner Windrichtung plus/minus 5, 10, 15, 20 Winkelgrade,
- Messung der Windgeschwindigkeit am Boden und in z.B. 5 Metern Höhe (Schalenkreuzanemometer auf entsprechender Stehleiter/Anlegeleiter).

Längstwellen (Schwingungen mit niedrigen bis sehr niedrigen Frequenzen) sind nur schwer zu orten, haben aber auch über große Distanzen nur minimale Dämpfungen.

Das gilt ausdrücklich auch für Schallwellen. Nehmen wir die Schallgeschwindigkeit in Luft mal mit 330 m/s an; dann hat eine Schallwelle mit 1 Hz eine Wellenlänge von 330 m, eine Schallwelle mit 0,1 Hz eine Wellenlänge von 3,3 km.

Die Schallemission eines Rotor ist proportional zur 5. Potenz der Windgeschwindigkeit, vulgo bei doppelter Windgeschwindigkeit habe ich den 32-fachen Schalldruck. Was das in Lautstärke definitiv ausmacht, weiß ich momentan nicht, eine Verdopplung dürfte drin sein; sicherlich gibt's jemanden, der hier weiterhelfen kann (Technische Akkustik als Stichwort).

... eine Erhöhung des Schalldruckpegels um den Faktor 10 entspricht einer Verdopplung der Lautstärke, bei dem Faktor 32 im Schalldruckpegel bei Verdopplung der Windgeschwindigkeit müßte etwa eine Zunahme der Geräuschbelastigung um etwa 15 dB herauskommen, also statt der berechneten 45 dB ca. 60 dB, was für Wohngebiete dann nicht mehr zulässig wäre.

## Einwirkung kräftiger Vibrationen auf Menschen

### Vibration und Körper

[www.brummt.de](http://www.brummt.de)

29.04.2002

Quelle: INDEKLIMA – LYD, Polyteknisk Forlag 1979

Tabelle 10.3

Beispiele für die Einwirkung kräftiger Vibrationen auf Menschen mit Circa-Angabe der Frequenzbereiche (nach STEPHENS)

Vibrationen können auf den Körper durch direkten Kontakt mit vibrierenden Bauteilen übertragen werden. Teile des Körpers können aber auch in Schwingungen versetzt werden durch kräftige Schallwellen in der umgebenden Luft, besonders Infraschall.

Wirkung	Frequenzbereich in Hz
Wahrnehmung	01, - 10.000
Bewegungskrankheit	0,1 - 1
Einfluss auf Gleichgewicht	0,1 - 10.000
Störung von Atmung und Sprechen	1 - 100
Herabgesetzte Arbeitsfähigkeit	1 - 1.000
Sehschwierigkeiten	3 - 1.000
Resonanz von Körperorganen	4 - 100
Schaden verursacht durch Erschütterungen	1 - 100
Leiden wegen Hadwerkzeug	100 - 10.000

In Gebäuden haben Vibrationen im Bereich über 80 Hz keine praktische Bedeutung. Unter 80 Hz können Vibrationen grob in zwei Frequenzbereiche mit verschiedenen Wirkungen aufgeteilt werden:

sehr niedrige Frequenzen (ca. 0,1 – 1 Hz) und  
einen höheren Frequenzbereich (ca. 1 – 80 Hz).

Unter 1 Hz ist die wesentlichste Wirkung von Vibrationen Bewegungskrankheit, bei der die Symptome die gleichen sind wie für See- und Reisekrankheit, das heißt Übelkeit, Blässe, kalter Schweiß, allgemeines Unbehagen und eventuell Erbrechen. Darüber hinaus können Schwindel- und Gleichgewichtsstörungen auftreten. Es gibt keine vollständige Erklärung für das Entstehen der Bewegungskrankheit, aber es kann hingewiesen werden auf STEPHENS 3, Kap. 11 für eine Vertiefung des Themas.

Bei sehr niedrigen Frequenzen schwingt der ganze Körper als eine Einheit, aber bei Frequenzen über 1 bis 4 Hz werden einzelne Organe oder Teile des Körpers wegen Resonanz besonders kräftig schwingen, welches eine lange Reihe von Symptomen hervorruft, wie aus der folgenden Tabelle ersichtlich. Der Tabelle liegen Versuche mit sehr kräftigen Vibrationen von 1 Minute und 3 Minuten Dauer zugrunde. Es geht aus den angegebenen Frequenzbereichen hervor, dass bei sehr niedrigen Frequenzen unter etwa 10 Hz besonders die zentral platzierten Organe mit relativ großer Bewegungsfähigkeit und niedrigen Resonanzfrequenzen beeinflusst werden. Umgekehrt sind Organe mit relativ kleiner Bewegungsfähigkeit und höheren Resonanzfrequenzen peripher platziert, und sie werden bei höheren Frequenzen beeinflusst

#### Tabelle 10.4

Die am deutlichsten erkennbaren Symptome zwischen 1 und 20 Hz bei Einwirkung auf sitzende Personen mit vertikalen Vibrationen im Grenzbereich gesundheitsschädlicher Einflüsse bei Exposition von mindestens 1 Minute (nach MAGID et al)

#### Symptom und Frequenzbereich

##### **Kopf und Hals**

Kopfschmerzen 13 - 20 Hz

Gefühl von "Kloß um Hals" 12 - 16 Hz

Unterkiefer in Resonanz 6 - 8 Hz

durch Resonanzen im Kehlkopf und Luftröhre beeinflusstes Sprechen 13 - 20 Hz

##### **Brustkorb**

Atmung wird beeinflusst 4 - 8 Hz

Atemnot 1 - 3 Hz

Schmerzen in der Brust 5 - 7 Hz

##### **Magenregion**

Muskelkontraktionen in der Bauchdecke 4,5 - 9 Hz

Magenschmerzen 4,5 - 10 Hz

##### **Beckenregion**

Harndrang 10 - 18 Hz

Stuhldrang 10,5 - 16 Hz

##### **Skelett und Muskeln**

Muskelkontraktionen in Armen und Beinen 4,5 - 9 Hz

Vermehrte Muskelverspannung in Beinen, Rücken und Nacken 8 - 12 Hz

Allgemeines Unbehagen 4,5 - 9 Hz

Für die Arbeit in extrem Infraschall-belasteter Umfeld gibt es Schutzanzüge!

## INFRASCHALL

Die größere Lautstärke des Brummtons in geschlossenen Räumen deutet auf ein Resonanzphänomen. Infraschall wäre dafür ein ideales Medium. Akustische Messungen des Gewerbeaufsichtsamtes Stuttgart belegen in einem Fall dessen Vorhandensein. (Messung durch das Staatliche Gewerbeaufsichtsamt Stuttgart am Freitag, 19.11.1999 um 4.30-5.30 Uhr. Außentemperatur: 2°C. Es war fast windstill. Benutzt wurde ein Norsonic Sound Analyser Typ 110 Kl.1 mit Messmikrofon. Das Messgerät war auf den untersten Messbereich kalibriert. Die Messzyklen dauerten ca. 2 Minuten. Messwerteangaben in dB linear.) Bei diesen Messungen wurde in einem Wohnhaus Betroffener sehr früh am Morgen ein Ton von 8 Hz bei 79,8 dB (L) registriert.

Die Abkürzung dB steht für "Dezibel". Dies meint den Schalldruck - vereinfacht gesagt: die "Lautstärke", auch "Amplitude" oder "Pegel" genannt.

(L) bedeutet eine lineare Messung, die nicht das menschliche Hörvermögen als Maßstab nimmt, sondern lediglich den physikalisch vorhandenen Schalldruck feststellt. In solchen Fällen spricht man auch von einer "unbewerteten Messung". In der englischen Literatur findet sich statt (L) die Abkürzung SPL für "Sound Pressure Level". Dies meint das Gleiche. Bei tieffrequentem Lärm ist solch eine unbewertete Messung allen anderen Verfahren vorzuziehen.

Die gemessene Frequenz von 8 Hertz (8 Schwingungen pro Sekunde) liegt im normalerweise unhörbaren Infraschall-Bereich. Zu diesem Wert gesellten sich in Tailfingen auch höhere Frequenzen im hörbaren Bereich. Dort war der Schalldruck geringer. Solch eine Verbindung von hörbaren und unhörbaren Tönen ist häufig anzutreffen. Die Suche nach dem Verursacher wird dadurch erleichtert: man kann seinem Gehör folgen.

Der Tailfinger Meßwert scheint für ein schlafendes Dorf bemerkenswert. Wie auch bei anderen schwäbischen Messungen mit positiven Ergebnissen (stets unterhalb der amtlichen Grenzwerte) wurde keine entsprechende Schallquelle gefunden - weder im Haus noch außerhalb (Stand: Oktober 2001).

Extrem langwelliger Infraschall (engl.: far infrasound) kann zwar bei entsprechender Amplitude mehrere tausend Kilometer zurücklegen. Die gemessenen 8 Hertz gehörten jedoch zum oberen Infraschallbereich (engl.: near infrasound). Töne dieser Kategorie tragen normalerweise nur wenige hundert Meter weit und entstammen meist einer künstlichen Quelle. Dass keine entdeckt wurde, könnte ein meßtechnisches Problem sein. Infraschall im Freien zu messen, ist schwierig.

Weiteres zu Infraschall aus [www.brummt.de](http://www.brummt.de) Chronologie

### Hermann Ludwig Ferdinand von Helmholtz

1821: Das naturwissenschaftliche Multitalent beschreibt unter anderem das Entstehen der Töne: „Schon die gemeine Erfahrung zeigt uns, dass alle tönenden Körper in Zitterungen begriffen sind. Wir sehen und hören dieses Zittern, und bei starken Tönen fühlen wir, selbst ohne den tönenden Körper zu berühren, das Schwirren der uns umgebenden Luft. Spezieller zeigt die Physik, dass jede Reihe von hinreichend schnell sich wiederholenden Stößen, welche die Luft in Schwingung versetzt, in dieser einen Ton erzeugt.“

– Helmholtz, Hermann von: Über die physikalischen Ursachen der musikalischen Harmonien (Vorlesung); zit. n. Fritz Kraft (Hrsg.): Hermann von Helmholtz. Über die physikalischen Ursachen der musikalischen Harmonien; München 1971, S. 7 f.

## 26. August 1883, Indonesien, Krakatoa explodiert

Der indonesische Vulkan schießt 21 Kubikkilometer Magma bis an den Rand des Weltraums. Die dabei erzeugte Flutwelle tötet in den nahen Küstenstädten auf Java und Sumatra 36 000 Menschen. Im Umkreis von 1600 Kilometern werden Fensterscheiben zerstört. Noch 4800 Kilometer entfernt ist die Explosion zu hören. Ein Vergleich von Barometer-Aufzeichnungen zeigt später, dass ein unhörbar-tiefer Anteil des Explosionsgeräuschs zweieinhalbmal die Erde umrundete. Damit entsteht das Interesse der Wissenschaft an Infraschall: an Luftdruckschwankungen im Bereich zwischen dem tiefsten, gerade noch hörbaren, Basston (oberes Ende des Infraschalls) und dem Wetter (unteres Ende). – Krakatoa; in: Encyclopaedia Britannica, CD-ROM 1999; – Krakatoa; in: Academic American Encyclopedia; hier: Danbury, CT 1995

## Verwandtschaft von taktilen und auditiven Reizen bei tiefen Frequenzen

1936: Dem Physiker und Mediziner Georg von Békésy gelingt bei Hörschwellenuntersuchungen am Menschen die Wahrnehmung eines Tones von 1 Hz. Békésy entdeckt bei solch tiefen Frequenzen eine Verwandtschaft von hörbaren Reizen und von Reizen, die per Tastsinn spürbar sind. Für seine Forschungen über das Selektionsvermögen des Ohrs erhält der gebürtige Ungar 1961 den Nobelpreis.

Nachfolge-Untersuchungen bestätigen Békésys Erkenntnisse: Infraschall bis hinab zu 1 Hertz kann durchaus wahrgenommen werden. Das aber verlangt eine immense „Lautstärke“ (richtiger wäre hier eigentlich die Bezeichnung „Amplitude“ oder „Pegel“).

Der Schwellenwert für die Wahrnehmung eines Tons von 16 Hz beträgt etwa 92 dB Sound Pressure Level (SPL). **Mit jeder Oktave nach unten (also: mit jeder Halbierung der Anzahl der Schwingungen pro Sekunde) steigt dieser Wert um 12 dB. Bei 1 Hz beträgt der Schwellenwert der Wahrnehmung etwa 130 bis 140 dB. Dann allerdings ist kein Ton mehr zu hören, sondern nur noch ein pumpendes, knallendes oder knatterndes Geräusch.** Die Wahrnehmung scheint in diesem Bereich individuell sehr unterschiedlich. Ein Ton mit diesen Werten läßt sich kaum mehr ertragen, denn die Hörschwelle (Empfindungsschwelle) und die Schmerzschwelle sind bei 1 Hz und 130 dB identisch. – Békésy, von G.: Akust. Z. 1 (1936) 13-23; s. a.: ders.: Experiments in Hearing; McGraw Hill 1960, S. 257-267 – Yeowart, N. S.: Thresholds of hearing and loudness for very low frequencies; in: W. Tempest (Ed.): Infrasound and low frequency vibration. London: Academic Press 1976

## Schumann-Resonanz

Aus einer Reihe immer genauerer Messungen ergibt sich Anfang der Sechziger Jahre ein Mittelwert von 7,83 Hertz. Diese Zahl wird als Schumann-Resonanz bekannt. Sie ist allerdings nicht konstant. Neben täglichen Frequenzschwankungen von etwa 0,5 Hertz ergeben sich weitere Variationen aus dem Wechsel der Jahreszeiten. Ausschlaggebend ist dabei eine Veränderung der Elektronendichte in der Unterkante der Ionosphäre. Zu den Einflußgrößen für dieses, noch nicht vollständig verstandene, Geschehen gehören der Wind, der Einstrahlungswinkel des Sonnenlichtes und die Temperatur der Atmosphäre. Durch diese Faktoren kann die Ionosphärenunterkante zwischen 60 und 90 Kilometern schwanken. Die Höhe des „Hohlraums“ beeinflußt die Frequenz allerdings nur in der Größenordnung von 1/10 Hz.

Neuere Arbeiten zeigen, dass auch die Anzahl der Sonnenflecken eine Rolle spielt. Von ihnen freigesetzte, hochenergetische Partikel – sogenannte „Solar proton events“ (SPE) – bewirken eine stärkere Ionisation der Atmosphäre. Die reflektierende D-Schicht sinkt dabei von 80 km bis auf 50 km Höhe. Das wiederum verändert die schumannsche Frequenz um 0,04 bis 0,14 Hz (Schlegel, 1999).

USA, 1971

**Larson et al.: Mountain Associated Waves**

Wind, der über Bergrücken weht, kann weittragenden Infraschall erzeugen (0,1 - 0,01 Hz mit bis zu 150 dB SPL). Diese Wellen sind noch in 1000 km Entfernung zu messen. Sie werden nachgewiesen in British Columbia, in den Rocky Mountains (an der Grenze zwischen Alberta und British Columbia), in Colorado (Bedard 1978), in den Anden (Green & Howard in Bedard 1978) und auf Grönland (Thomas et al. 1974). Auch die Alpen stehen in Verdacht. Obwohl das Thema bereits während der Siebziger erforscht wurde, vermuten US-amerikanische Infraschall-Experten noch immer einen Zusammenhang zwischen Föhnbeschwerden und solchen Mountain Associated Waves. – Bedard, Alfred J. Jr., Thomas M. Georges: Atmospheric infrasound; in: Physics Today 3/1999. S. 32 fff – Gossard, Earl E. u. Hooke, William H.: Waves in the atmosphere; Amsterdam 1975, S. 301 ff

Italien, 1971

**Infraschall bei sehr niedrigen Pegeln (50 bis 65 dB) verlängert die Schlafperioden.**

– Fecci, R.; Barthelemy, R.; Bourgoïn, J.; Mathias, A. ; Eberle, H.; Moutel, A.; Jullien, G.; in: Med. Lavoro (1971), Nr. 62, S. 130/50

USA, 1973

**Infraschall unter 130 dB unschädlich?**

Zur Abwägung der akustischen Gefahren bei Raketenstarts untersucht das Aerospace Medical Research Laboratory in Ohio die Infraschallwirkung mit Pegeln bis zu 172 dB. Die Autoren arbeiten im Auftrag der NASA. Sie kommen zum Ergebnis, Infraschall unter 130 dB sei unschädlich. Dies wird von anderen Studien vehement bestritten. – Hartmut Ising et al.: Infraschallwirkungen auf den Menschen; Düsseldorf 1982, S. 1-5, Studie des Instituts für Wasser-, Boden- und Lufthygiene des Bundesgesundheitsamtes Berlin; – Arbeitskreis nicht ionisierender Strahlung /Norbert Krause (Hrsg.): Leitfaden nicht ionisierender Strahlung; darin: Borgmann, Rüdiger: Infraschall; 9/97, S. 11

Deutschland, 1982

**Infraschall wirkt als Stressor und kann die Atemfrequenz senken.**

Eine Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Forschung und Technologie untersucht an 100 Probanden die Wirkung von Infraschall (hier: 3-20 Hz mit Pegeln zwischen 70 und 125 dB). Die Beschallung dauert von einigen Minuten bis zum wochenlangen Aufenthalt in einer Messkammer (täglich 8 Stunden).

Ergebnis: „Es wurden keine ausgeprägten Schädwirkungen wie Übelkeit, Gleichgewichtsstörungen, Nystagmus o. ä. beobachtet. Dagegen wirkt Infraschall als unspezifischer Stressor ähnlich dem Hörschall. Der Streßeffekt des Infraschalls steigt mit der subjektiv empfundenen Lautstärke, d. h. sowohl mit wachsendem Pegel als auch mit wachsender Frequenz.“ Die Studie wird heute u. a. dafür kritisiert, dass die Probanden überwiegend junge Menschen waren. – Ising, Hartmut, et al.: Infraschallwirkungen auf den Menschen; Düsseldorf 1982, S. 1-5, Studie des Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene des Bundesgesundheitsamtes Berlin; – Ising, Hartmut, Schwarze, C.: Infraschallwirkungen auf den Menschen; in: Zeitschrift für Lärmbekämpfung 29, Heidelberg 1982, S. 79-82 (Zusammenfassung)

USA, 1984

Tonbandaufzeichnungen von Elefanten in Kenia bestätigen später den Verdacht. Mit diesen Aufzeichnungen von Tönen unterhalb der menschlichen Hörschwelle gelingt Payne und ihren Kollegen der erste Nachweis von **Infraschall bei Landsäugetern**. Zoologen hatten sich zuvor gefragt, wie große Elefantenherden urplötzlich völlig koordiniert losmarschieren können. ohne dass ein Signal zu hören ist?

Im Etoscha-Nationalparks (Namibia) hilft bei dieser Langwellenkommunikation mit Einbruch der Nacht eine Inversionszone aus verschiedenen warmen Luftschichten. Die Grenze zwischen den Schichten liegt einige Meter über dem Boden. Sie reflektiert langwelligen Schall ähnlich gut, wie unter ihr die harte, nur niedrig bewachsene, Erde. Damit entsteht zwischen der Grenzschicht in der Luft und den Erdboden ein Kanal, der die Tieftöne über erstaunliche Entfernungen trägt. Mit Frequenzen bis hinab zu 14 Hertz kommunizieren die Tiere über mehr als 10 Kilometer hinweg. – Payne, Katharine B., u. Langbauer, William R. jr.u. Thomas, Elizabeth M.: Infrasonic Calls of the Asian Elephant (*Elephas maximus*); in: Behavioral Ecology and Sociobiology, 18(4), 297-301, 1986

USA, 1986, ELEKTROMAGNETISCHE WELLEN

**Betriebsbeginn einer ELF-Station der U.S. Navy in Michigan**

**Sie dient zur Kommunikation mit Unterseebooten auf der Frequenz 76 Hertz, einer Extra Long Frequency (ELF). Die Anlage verändert die Vegetation vor Ort.** – F.A.Z., 08.03.1995, S. N2

Deutschland, 1992, Normentwurf DIN 45680

**Messung und Beurteilung tieffrequenter Geräuschmissionen in der Nachbarschaft**

In diesem Entwurf wird erstmals tieffrequenter Schall als eine besondere Lärmart eingestuft. Für diesen Lärm sei ein eigener Bewertungsmaßstab anzulegen. Gemessen wird jedoch nur: „innerhalb eines Gebäudes, und zwar in dem am stärksten betroffenen Raum an der lautesten Stelle und bei geschlossenen Türen und Fenstern“. Für die Suche nach Infraschallquellen im Freien sind die zuständigen Behörden in der Regel nicht ausgerüstet. Eines der Probleme: die Störgeräusche durch den Wind. Besonders die Messung von Windkraftanlagen bei voller Leistung ist daher schwierig. – Zitat n. Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg: <http://www.lfu.baden-wuerttemberg.de/lfu/abt3/laerm/kap-11.htm>

Deutschland, 9. August 2001

**Landesregierung Baden Württemberg beginnt Brumm-Messungen**

Ort der ersten nächtlichen Messung ist eine Wohnung in Schömberg (Zollernalbkreis). Hier hören den Ton eine Mutter und ihr 10jähriger Sohn. Die Mutter bemerkt zusätzlich an sich ein Muskelzittern, das zeitlich nicht an den hörbaren Brummtönen gekoppelt sein muß. Das staatliche Meßteam untersucht luftgeleiteten Schall und seismische Schwingungen. Heinrich Menges von der zuständigen Landesanstalt für Umweltschutz (LfU) in Karlsruhe: „Wir konnten etwas messen und auf einer Skala, das war eindeutig, aber wir haben keine Ahnung, was es gewesen sein könnte.“ (Frankfurter Allgemeine Zeitung, nach dpa)

Deutschland, 19. November 1999

**Brummtöne in Tailfingen: 8 Hz**

Das Gewerbeaufsichtsamt Stuttgart mißt zwischen 22 Uhr und 6 Uhr Infraschall im Neubau von Carmen Mischke und Achim Häußler. Den höchsten Schalldruck notiert das Amt in einem Raum des Hochparterre: 79,8 dB bei 8 Hz. Ein beachtlicher Wert für ein Wohnhaus in einem schlafenden Dorf.

Auch höherfrequente Anteile werden gemessen (mit geringerem Schalldruck). Trotz einer eingehenden Suche im Haus, in dessen Umfeld und sogar in der Kanalisation ist keine Schallquelle zu entdecken.

Carmen Mischke und Achim Häußler gehen daraufhin an die Öffentlichkeit und werden Gründungsmitglieder der IAB. – amtliche Messprotokolle und persönliche Mitteilungen durch die Betroffenen und den zuständigen Behördenvertreter im Januar 2001

United Kingdom, April 1999

Der Gasversorger „British Gas“ findet heraus, dass 80% der Betroffenen medizinische Probleme aufweisen. Für die verbleibenden 20% nennt die Studie eine Vielzahl individueller Brumm-Quellen – von Fabriken über den Verkehrslärm bis hin zum **Antrieb eines fünf Kilometer entfernten Schiffes**. Die Autoren vermuten, dass die Wohnräume der Opfer als Resonanzkörper für tieffrequente Anteile dieses Lärm dienen und dass eine persönliche Disposition zum Hören tiefer Frequenzen nötig sei.

„British Gas“ sieht sich nach diesem Ergebnis nicht als Verursacher. Die LFNSA scheint wenig überzeugt. Sie verfolgt das Thema weiter. – Department of Civil and Environmental Engineering / Hughes, Dave, hier: University of Bradford, Last up-dated April 1999; 2001 im Internet entdeckt

**Niederlande Tieffrequenter "Lärm, den nur Sie hören"** (Titel eines Merkblatts) beschäftigt besonders die Region um Rotterdam. Angesichts einer kontinuierlich steigenden Anzahl von Beschwerden hat der dort zuständige DCMR Milieudienst Rymond ein weltweit vorbildliches Betreuungssystem aufgebaut. Dazu gehört unter anderem ein 24 Stunden-Dienst mit Spezialisten für das Aufspüren tieffrequenter Lärmquellen und für die Betreuung der Betroffenen. Die Eingreif-Teams nutzen als Grundlage ihrer Arbeit eine Datenbank (MIRR). Sie enthält Informationen zu 25 000 Fabriken der Region und über das normale akustische "Klima" der Wohngebiete. Die DCMR kennt eine ganze Reihe guter Argumente für eine schnellstmögliche Aufklärung der Klagen über tieffrequente Belästigungen. [www.brummt.de](http://www.brummt.de)

## **Die biologische Wirkung von luftgeleitetem Infraschall**

Von Dr. Ing. Reinhard Bartsch

**"Infraschall entsteht überall dort, wo Geräte mit großen betriebsbedingten Schwingungen auftreten.** In der Wohnumwelt des Menschen ist Infraschall deshalb auch anzutreffen. **Quelle** sind hier meist **Hubschrauberüberflüge, naheliegende Industrieanlagen und in jüngster Zeit Windkraftanlagen. Die Rotorflügel sind exzellente Erzeuger von luftgeleitetem Infraschall.** Leider ist dieser mit der bekannten Schallmeßtechnik nicht zu messen, deren Meßgrenze liegt in der Regel oberhalb von 20 Hz. **Infraschall liegt aber definitionsgemäß zwischen 0,1 und 20 Hz.** Ein normales Lärmmeßgerät kann nur den Pegel des "hörbaren" Anteils bestimmen, über Pegelhöhen des ebenfalls vorhandenen Infraschall kann nicht mal eine qualitative Aussage getroffen werden. Bei der Frequenz von 5 Hz erreichen Windblätter im Normalbetrieb den Pegel von 85 dB, Kompressoren und Rammhären können bei der Frequenz von 10 Hz Pegel bis 120 db erreichen. Wichtig ist auch, daß der allseits bekannte Hörschutz bei diesen niedrigen Frequenzen keine Dämmwirkung besitzt.

**Grundsätzlich hat Infraschall, wie die Auswertung von 100 Literaturquellen zeigt, die gleichen Wirkungen auf Gesundheit und Wohlbefinden wie Schall und Lärm.** Neben der Erzeugung von zeitweiligen oder permanenten Hörschwellenabwanderungen bis hin zur **Taubheit** bei ausreichenden Pegeln werden unter den sogenannten extraauralen Wirkungen folgende **psychomentale Störungen** wie **Angst, Appetitlosigkeit, Benommenheit, Ermüdung, Konzentrationsminderung, Kopfschmerz, Verminderung der Leistungsfähigkeit, Lethargie, Magenbeschwerden, Ohrendruck, Reizbarkeit, Schlafstörungen und Störung des Wohlbefindens** genannt. Darüber hinaus werden folgende Gesundheitsbeeinträchtigungen diskutiert: **Augenbeschwerden,**



**Blutdruckbeeinflussung, Depressionen, Durchblutungsstörungen, Epilepsie, Beeinflussung des endokrinen Systems, Veränderung der Erythrozyten, Veränderung der vibrotaktilen Fühlschwelle, Gleichgewichtsstörungen, Beeinflussung von Hauttemperatur, Hautwiderstand, Herzschlagfrequenz und der Hypophysenfunktion, myokardale Ischämien, Verminderung der Magenschleimhautdurchblutung, der Neuromotorik und des Nystagmus, sowie zum Auftreten von Tinnitus.**

Wegen fehlender systematischer Forschungen über Infraschall ist dieser "Horror katalog" an gesundheitlichen Folgen der Wirkung von luftgetragendem Infraschall meist nur das Ergebnis kleinerer wissenschaftlicher Studien, d. h., es liegen nur kleine Probandenzahlen vor. Die zunehmende Quellenzahl von Infraschall durch die in letzter Zeit verstärkt errichteten und noch in Planung befindlichen Windkraftanlagen wird hoffentlich das öffentliche Bedürfnis nach Klärung verstärkter und größerer Forschungsprojekte ermöglichen. Aus heutigem Kenntnisstand heraus sollten Windkraftanlagen deshalb lediglich weitab von menschlichen Ansiedlungen, besser noch, nicht in deren Sichtweite errichtet werden. Diese Faustregel hat keine besondere wissenschaftliche Begründung, sondern ist der Intensitätsabnahme von Schall pro Meter Abstand geschuldet, die für jede Art Schall gilt.

Klar ist, daß es heute weder gesetzliche Regelungen noch standardmäßige Meßtechnik, geschweige denn ein standardisiertes Meßverfahren zur Bestimmung und Bewertung von Infraschall gibt. Lediglich der Flimmereffekt bei niedrigem Sonnenstand gilt für Windkraftanlagen als akzeptierter Kontrapunkt bei raumordnerischen Planungen. **Die heute meist aus ästhetischen Gesichtspunkten artikulierten Widerstände in der Bevölkerung werden möglicherweise bald mit obigen gesundheitlichen Folgen massiert werden. Gesundheitlich muß auch für solche neuen Technologien, heute von Teilen der Bevölkerung als grundsätzlich positiv akzeptiert, die gleiche gesundheitliche Unbedenklichkeit gelten, wie für alle andere Technik.** Dr. Reinhard Bartsch Der Autor hat im Rahmen seiner wissenschaftlichen Tätigkeit 15 Jahre lang über extraaurale Lärmwirkungen geforscht."

*Der Autor ist Wissenschaftlicher Mitarbeiter im Institut für Arbeits-, Sozial- und Umweltmedizin an der Universität Jena und hat 15 Jahre lang über extraaurale Lärmwirkungen geforscht. Ein besonderer Schwerpunkt war dabei die individuelle Lärmempfindlichkeit des Menschen.*

**Auch renommierte Arbeits- und Umweltmediziner warnen vor WKA in der Nähe von bebauten Gebieten:**

Umweltmediziner warnt vor Bau der Anlage - Windrad läßt schon jetzt Nerven flattern Westdeutsche Allgemeine Zeitung (WAZ, Essen), 26. 5. 1998: „Das ist ein Schildbürgerstreich, was da im Wanner Norden geplant ist", kommentiert **Professor Joachim Bruch** das Vorhaben, auf der Plutohalde ein 130 Meter hohes Windrad errichten zu wollen. Der **renommierte Arbeits- und Umweltmediziner des Universitätsklinikums Essen** warnt nachdrücklich vor dem Bau dieser Anlage: "Es ist das erste Mal, daß ein Windrad in einer dichtbesiedelten Stadt in Betrieb genommen werden soll", berichtet er. „Bei der Festlegung der Mindestabstände zu bewohnten

Häusern ist von einem solchen Standort niemand ausgegangen.". Er kritisiert außerdem, daß den betroffenen Anwohnern bis heute die Gutachten nicht zugänglich gemacht worden seien. Aus medizinischer Sicht könne er nur dringend von der Umsetzung der Pläne abraten: „Es wird mit Sicherheit zu einer ständigen Belastung des vegetativen Systems bei den Anwohnern kommen." Was sowohl zu emotionalen als auch zu (psycho)-somatischen Problemen führen könne: **Kopfschmerzen, Depressionen, geringe Belastbarkeit im privaten wie beruflichen Bereich** seien als Folgewirkungen eher anzunehmen als auszuschließen. Unter Umwelt- und medizinischen Aspekten sei der Wanner Norden schon jetzt mehrfach belastet: durch die Autobahn und die großen chemischen Betriebe, die alten Halden, das RZR in Herten, die Schlackenaufbereitung im Grimberger Hafen, das Güterverkehrszentrum im Wanner Hafen. Bei solchen Mehrfachbelastungen sei es in der Arbeitswelt üblich, verschiedene Grenzwerte zum Beispiel für Lärm oder Staub nie jeweils bis an ihre obere Marge auszureizen, sondern auf kleine „Portionen" zu verteilen. **Wenig Erfahrungen gebe es bislang damit, wie niederfrequente Schwingungen, wie sie auch von einem Windrad verursacht werden, auf den Körper wirken.** Gründe, die für die Errichtung einer Windkraftanlage im Wanner Norden sprechen, sieht Prof. Bruch nicht: „Wirtschaftlich und energiepolitisch bringt das gar nichts. Und Arbeitsplätze entstehen dadurch auch nicht. Im Gegenteil, das Gebiet wird für Betriebsansiedlungen noch unattraktiver."

### **Die Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg schreibt zum Thema Infraschall:**

#### **Fakten Lärmbekämpfung - Ruheschutz**

##### **11. Tieffrequente Geräuschmissionen und ihre Beurteilung**

"'A' wird nicht Allem gerecht Auf dem Gebiet der Lärmbekämpfung hat sich international der 'A-bewertete Schallpegel', angegeben in dB(A), als Maß für die Stärke menschlicher Geräuschempfindung durchgesetzt (siehe Kapitel 1). Mit Ausnahme weniger Sonderfälle lassen sich auf Basis solcher A-bewerteter Schallpegel Lärmermittlungen und Lärmbewertungen einfach, reproduzierbar und vergleichbar durchführen. **In der Praxis treten jedoch immer wieder Lärmbeschwerden auf, bei denen trotz glaubhaft vorgetragener starker Belästigungen nur relativ niedrige A-bewertete Schalldruckpegel gemessen werden können.** Solche Lärmeinwirkungen sind geprägt durch ihre tieffrequenten Geräuschanteile, in der Regel verbunden mit deutlich hervortretenden Einzeltönen. **Im Wohnbereich werden tieffrequente Geräusche, insbesondere zu Zeiten allgemeiner Ruhe wie z.B. nachts, schon dann als störend empfunden, wenn sie gerade wahrnehmbar sind.** Betroffene klagen über **ein im Kopf auftretendes Dröhn-, Schwingungs- oder Druckgefühl, oft verbunden mit Angst- und Unsicherheitsempfindungen, sowie über eine Beeinträchtigung ihrer Leistungsfähigkeit.** Wer noch nichts hört, der kann schon fühlen Physikalische Lehrbücher beschreiben das Problem des tieffrequenten Schalls häufig nur unzureichend. Die Aussagen darin lauten sinngemäß: 'Die untere Frequenzgrenze des menschlichen Hörbereiches liegt bei etwa 16 bis 20 Hz - tieferfrequenter Schall, sogenannter Infraschall, ist nicht hörbar.' **Verschiedene, zum Teil schon 60 Jahre alte Untersuchungen zeigen allerdings: das menschliche Ohr ist durchaus in der Lage, Luftdruckschwankungen im Infraschallbereich wahrzunehmen, und zwar bis herab zu etwa 1 Hz.** Was bei höheren Frequenzen gilt, ist auch hier richtig: Infraschall kann erst nach Überschreiten eines bestimmten Schalldruckpegels wahrgenommen werden. Allerdings nimmt die Empfindlichkeit des Ohres zu tiefen Frequenzen hin sehr stark ab. So liegt die Hörschwelle bei 100 Hz um 23 dB, bei 20 Hz schon über 70 dB. Bei 4 Hz liegt die Wahrnehmbarkeitsschwelle gar um 120 dB. Die

Wahrnehmung und Wirkung überschwelliger tieffrequenter Geräusche weichen deutlich von der Wahrnehmung und Wirkung mittel- oder hochfrequenter Geräusche ab. Im Frequenzbereich unter 20 Hz fehlen Tonhöhen- und Lautstärkeempfindung. Man empfindet Luftdruckänderungen vielmehr als Pulsationen und Vibrationen, verbunden mit einem Druckgefühl auf den Ohren. Im Frequenzbereich von 20 Hz bis etwa 60 Hz ist die Tonhöhen- und Lautstärkewahrnehmung nur schwach ausgeprägt. Vielfach sind hier Fluktuationen (Schwebungen) wahrzunehmen. Im Frequenzbereich ab 60 Hz schließlich findet der Übergang zur normalen Tonhöhen- und Geräuschempfindung statt. Der Übergang von einem Frequenzbereich zum nächsten erfolgt fließend, Wirkungen überlappen sich. Aus Sicht der Lärmbekämpfung erscheint es allerdings unerheblich, ob man die Infraschallwahrnehmung als 'Hören' oder eher als 'Fühlen' bezeichnet. Tieffrequente Schwingungen gehen 'durch' Zur Ausbreitung tieffrequenter Geräusche von der Quelle in die Nachbarschaft kommen Körperschall- oder Luftschallausbreitung in Frage. **Bei Körperschallausbreitung werden Schwingungen von der Quelle durch feste Stoffe (z.B. Fundamente, Erdreich, Decken, Wände) zum Einwirkungsort hin übertragen.** Dort strahlen die Gebäudedecken oder Wände die Körperschallschwingungen als 'sekundären Luftschall' in den Raum hinein ab. Bei der Übertragung tieffrequenter Schwingungen in festen Körpern sind die Dämm- und Dämpfungswirkungen auf dem Ausbreitungsweg weit geringer als bei höherfrequenten. Andererseits können bei der Anregung von Gebäudedecken und Wänden Resonanzeffekte auftreten. Auf dem gesamten Ausbreitungsweg können sich all diese Erscheinungen derart komplex ausprägen, daß - vom Emittenten gesehen - weiter entfernt gelegene Gebäude oder Gebäudeteile stärkere Einwirkungen zeigen als näher gelegene. Auch bei der Übertragung von Geräuschen in der Luft wird auf dem Ausbreitungsweg tieffrequenter Schall weniger gedämpft als höherfrequenter. Ein ähnliches Frequenzverhalten zeigt die Schalldämmwirkung der Außenbauteile von Gebäuden, z.B. der Fenster oder Wände. Zusätzlich kann in geschlossene Räume eingekoppelter tieffrequenter Luftschall durch Raumresonanzen erheblich verstärkt werden. Es kommt dann zur Ausbildung sogenannter 'stehender Wellen', wodurch zumindest lokal relativ hohe Pegel bei vergleichsweise geringem Schalleintrag verursacht werden. Dieser Effekt ist unabhängig von der Art der Transmission. Kenntnisse umgesetzt **In den 80-er Jahren wurden die Erkenntnisse bezüglich tieffrequenter Schallimmissionen systematisch zusammengefaßt. Hierbei zeigte sich deutlich, daß tieffrequenter Schall als eine besondere Lärmart betrachtet werden sollte, deren Störwirkung sich nur unzureichend durch den A-bewerteten Geräuschpegel beschreiben läßt.** 1992 wurde der Normentwurf DIN 45680 'Messung und Beurteilung tieffrequenter Geräuschimmissionen in der Nachbarschaft' veröffentlicht. Seitdem steht erstmals ein geeignetes Werkzeug zur einheitlichen Beurteilung tieffrequenter Geräuscheinwirkungen zur Verfügung ...." Fortsetzung unter:

<http://www.lfu.baden-wuerttemberg.de/lfu/abt3/laerm/kap-11.htm>

### **Die biologische Wirkung von luftgeleitetem Infraschall**

Infraschall entsteht überall dort, wo Geräte mit großen betriebsbedingten Schwingungen auftreten. In der Wohnumwelt des Menschen ist Infraschall deshalb auch anzutreffen. Quelle sind hier meist Hubschrauberüberflüge, naheliegende Industrieanlagen und in jüngster Zeit Windkraftanlagen. Die Rotorflügel sind exzellente Erzeuger von luftgeleitetem Infraschall. Leider ist dieser mit der bekannten Schallmeßtechnik nicht zu messen, deren Meßgrenze liegt in der Regel oberhalb von 20 Hz. Infraschall liegt aber definitionsgemäß zwischen 0,1 und 20 Hz. Ein normales Lärmmeßgerät kann nur den Pegel des "hörbaren" Anteils bestimmen, über Pegelhöhen des ebenfalls vorhandenen Infraschall kann nicht mal eine qualitative Aussage getroffen werden. Bei der Frequenz von 5 Hz erreichen Windblätter im Normalbetrieb den Pegel von 85 dB, Kompressoren und Rammhären können bei der Frequenz von 10 Hz Pegel bis 120 db erreichen. **Wichtig ist auch, daß der allseits bekannte Hörschutz bei diesen niedrigen Frequenzen keine Dämmwirkung besitzt.**

Grundsätzlich hat Infraschall, wie die Auswertung von 100 Literaturquellen zeigt, die gleichen Wirkungen auf Gesundheit und Wohlbefinden wie Schall und Lärm. Neben der Erzeugung von zeitweiligen oder permanenten Hörschwellenabwanderungen bis hin zur Taubheit bei ausreichenden Pegeln werden unter den sogenannten extraauralen Wirkungen folgende psychomentele Störungen wie Angst, Appetitlosigkeit, Benommenheit, Ermüdung, Konzentrationsminderung, Kopfschmerz, Verminderung der Leistungsfähigkeit, Lethargie, Magenbeschwerden, Ohrendruck, Reizbarkeit, Schlafstörungen und Störung des Wohlbefindens genannt.

Darüber hinaus werden folgende Gesundheitsbeeinträchtigungen diskutiert: Augenbeschwerden, Blutdruckbeeinflussung, Depressionen, Durchblutungsstörungen, Epilepsie, Beeinflussung des endokrinen Systems, Veränderung der Erythrozyten, Veränderung der vibrotaktilen Fühlschwelle, Gleichgewichtsstörungen, Beeinflussung von Hauttemperatur, Hautwiderstand, Herzschlagfrequenz und der Hypophysenfunktion, myokardale Ischämien, Verminderung der Magenschleimhautdurchblutung, der Neuromotorik und des Nystagmus, sowie zum Auftreten von Tinnitus.

Wegen fehlender systematischer Forschungen über Infraschall ist dieser "Horror katalog" an gesundheitlichen Folgen der Wirkung von luftgetragendem Infraschall meist nur das Ergebnis kleinerer wissenschaftlicher Studien, d. h., es liegen nur kleine Probandenzahlen vor. Die zunehmende Quellenzahl von Infraschall durch die in letzter Zeit verstärkt errichteten und noch in Planung befindlichen Windkraftanlagen wird hoffentlich das öffentliche Bedürfnis nach Klärung verstärkter und größerer Forschungsprojekte ermöglichen. Aus heutigem Kenntnisstand heraus sollten Windkraftanlagen deshalb lediglich weitab von menschlichen Ansiedlungen, besser noch, nicht in deren Sichtweite errichtet werden. Diese Faustregel hat keine besondere wissenschaftliche Begründung, sondern ist der Intensitätsabnahme von Schall pro Meter Abstand geschuldet, die für jede Art Schall gilt.

Klar ist, daß es heute weder gesetzliche Regelungen noch standardmäßige Meßtechnik, geschweige denn ein standardisiertes Meßverfahren zur Bestimmung und Bewertung von Infraschall gibt. Lediglich der Flimmereffekt bei niedrigem Sonnenstand gilt für Windkraftanlagen als akzeptierter Kontrapunkt bei raumordnerischen Planungen. Die heute meist aus ästhetischen Gesichtspunkten artikulierten Widerstände in der Bevölkerung werden möglicherweise bald mit obigen gesundheitlichen Folgen massiert werden. Gesundheitlich muß auch für solche neuen Technologien, heute von Teilen der Bevölkerung als grundsätzlich positiv akzeptiert, die gleiche gesundheitliche Unbedenklichkeit gelten, wie für alle andere Technik.

Text: Dr. Ing. Reinhard Bartsch, Käthe-Kollwitz-Str. 15, 07743 Jena, 03641 442159, di in Uni Jena 933654, di Fax 933031. Der Autor ist Wissenschaftlicher Mitarbeiter im Institut für Arbeits-, Sozial- und Umweltmedizin und hat 15 Jahre lang über extraaurale Lärmwirkungen geforscht. Ein besonderer Schwerpunkt war dabei die individuelle Lärmempfindlichkeit des Menschen.

---

### **1. Nekhoroshev AS, Glinchikov VV**

Wirkung auf Labortierleber nach IS -Exposition (IS kleiner als 20 Hertz, also unterhalb der Hörschwelle beim Mensch) verschiedener Frequenzen/Schalldrücke: 2, 4, 8, 16 Hz/90, 100, 110, 120, 130, 140 Dezibel. In vivo Einmal-Exposition ergab dabei keine nachweisbaren Veränderungen des Lebergewebes. Expositionen über die Dauer von 5-40 Tagen von 3 Stunden/Tag jedoch verursachten lokale Durchblutungsstörungen mit Schädigung von Leberzellen, die nach 25-40-TageExposition irreversibel sind Dabei ist das Ausmaß der Zellschädigung größer bei 8 und 16 Hz als bei 2 und 4 Hz. PMID: 1297494, UI: 93214647

Aviakosm Ekolog Med **1992** May;26(3):56-59 [Morphological research on the liver structures of experimental animals under the action of infrasound]. [Article in Russian] 

---

**2. Schermuly L**, Klinke R Zentrum der Physiologie, Klinikum, Universitat, Frankfurt/Main HRP (= Merrettichperoxidase) - infizierte Nerven im Tauben-Innenohr versorgen die Haarzellen der Basilar membran zwischen 0,09 und 0,95 mm unterhalb des Schneckenendes. Diese Nerven wurden vorher als IS-empfindlich identifiziert. Neun von zehn solcher Nervenfasern versorgen jedoch Haarzellen, die auf freien Basilar membrananteilen lokalisiert („Abneural“) gefunden werden. Normalerweise werden Hörnervenfasern bei Vögeln im 1:1 Kontakt mit inneren Haarzellen beschrieben. PMID: 1701169, UI: 91065838  
Hear Res **1990** Sep;48(1-2):69-77 Origin of infrasound sensitive neurones in the papilla basilaris of the pigeon: an HRP study.

---

**3. Theurich M**, Langner G, Scheich H

Antwortverhalten auf IS im Perlhuhn-Mittelhirn; In umschriebenen Regionen des Mittelhirns bei wachen Perlhühnern konnten über auditorisch evozierte Potentiale (= meßbare Hirnströme nach Ohrbeschallung) deren Phasenkopplung mit 2-10 Hz applizierten IS mit geringer Intensität nachgewiesen werden. PMID: 6493602, UI: 85037140 Neurosci Lett **1984** Aug 24;49(1-2):81-86. Infrasound responses in the midbrain of the guinea fowl.

**4. Grigor'ev** IuG, Batanov GV, Stepanov VS

Veränderung im Immunabwehrverhalten nach Exposition von kombinierten Mikrowellen-, IS- und Röntgenbestrahlung; Bei Ratten und Kaninchen konnte nach Mikrowellen-Vorbestrahlung eine bessere Resistenz in deren Organen nach Röntgenstrahlung nachgewiesen werden. Die Vorbestrahlung mit kombinierten Mikrowellen und IS verschlimmerte die Wirkung von Röntgenstrahlen. PMID: 6867287, UI: 83248063

Radiobiologiya **1983** May;23(3):406-409 [Changes in immunobiological reactivity under the combined action of microwave, infrasonic and gamma irradiation]. [Article in Russian]

**5. Lim** DJ, Dunn DE, Johnson DL, Moore TJ

Hörschäden nach IS; 28 Chinchillas wurden IS exponiert (1, 10, 20 Hz/150, 160, 170 dB). Lichtmikroskopische Auswertung ergab pathologische Veränderungen: Perforation des Trommelfells, Steigbügel-Subluxation (Verrenkung), Blutung im Mittelohr und Tensor tympani (Trommelfellmuskel), Pathologie der Stria (im Innenohr), Ruptur der Reissner' Membran, endolymphatischer Hydrops, Ruptur des Sacculum, Haarzellschädigung, Blut in den Skalae (Innenohr). Kontinuierliche IS-Exposition verursacht größere Schädigung als vorübergehende. Zunehmende Hz-IS-Beschallung werden begleitet mit abnehmender Ohr-Pathologie. PMID: 7148438, UI: 83070718

Acta Otolaryngol (Stockh) **1982** Sep;94(3-4):213-231 Trauma of the ear from infrasound Quelle: <http://landskapsskydd.nu/utland/1gesund.htm>

## **Immission**

Die von Windkraftanlagen verursachten Immissionen hat das Verwaltungsgericht Oldenburg, welches sich seit Jahren intensiv mit dieser Problematik beschäftigt, bereits in einer Entscheidung vom 01.07.1998, dortiges Aktenzeichen - 4 B 1807/98 - beschrieben:

Zu diesen Beeinträchtigungen gehören zunächst ***Geräuschimmissionen:***

Technische Regelwerke wie die TA Lärm können die Beeinträchtigung durch die Geräusche nicht zutreffend erfassen. Bei Windkraftanlagen ist regelmäßig ein dauernd an- und abschwelliger Heulton wahrzunehmen, der bei stärkerer Windgeschwindigkeit lauter wird.

Dabei handelt es sich um den sogenannten Einzelton.

Das Bundesamt für Naturschutz führt in seinen "Empfehlungen des Bundesamtes für Naturschutz zu naturschutzverträglichen Windkraftanlagen" (erschienen im Jahr 2000) zum Einzelton auf Seite 19 aus:

"Dieses Phänomen konnte ***noch in einer Entfernung von 3 - 5 km*** zu einer Gruppe von Windkraftanlagen beschrieben werden ."

Hinzu tritt ein schlagartiges Geräusch, das entsteht, wenn die Rotorblätter den Turm passieren, der sogenannte ***Impulston***.

Die Belastung mit einem derartigen Dauerton, kombiniert mit herausgehobenen Einzeltönen muss als besonders störend empfunden werden. Sie bindet die Aufmerksamkeit des Hörers, der sich ihnen nur schwer entziehen kann.

Deshalb sind die Geräusche geeignet, ***unabhängig von ihrer Lautstärke***, die Konzentration auf anderes oder den Wunsch nach Entspannung nachhaltig zu stören (vgl. auch OVG Münster, Beschluss vom 22.10.1996 - 10 B 2386/96 - GewArch 1997 S. 126 = BauR 1997 S. 279).

Prof. Dr. Mausfeld von der Universität Kiel hat 1999 im Auftrage mehrerer Bundesländer eine wissenschaftliche Studie zum Schattenschlag von Windkraftanlagen und deren Auswirkungen auf die betroffenen Nachbarn erstellt.

Beim Schattenschlag wie beim Lärm von Windkraftanlagen handelt es sich um periodische Immissionen, da sie nicht gleichmäßig auftreten.

Prof. Dr. Mausfeld hat sich zum periodischen Lärm von Windkraftanlagen und den Wechselwirkungen von den verschiedenen von Windkraftanlagen verursachten Immissionen wie folgt geäußert:

*"Periodischer Lärm ist deswegen als ein besonderer Stressor anzusehen, weil er mit internen Prozessen interferiert. Neurale Prozesse und insbesondere Verarbeitungsprozesse im Gehirn beruhen wesentlich auf einer temporalen Codierung (mit ganz unterschiedlichen Zeitparametern).*

*Externe periodische Signale können daher zu einer Interferenz mit diesen Prozessen führen und diese stören (diese Effekte werden natürlich in der TA Lärm überhaupt nicht erfasst). Dagegen hat unser Organismus praktisch keine Schutzmechanismen verfügbar, da streng periodischer Lärm in der Natur nicht vorkommt und somit evolutionär unbedeutend war.*

*Kurzzeitig ist das für den Organismus kein Problem, doch die Langzeiteffekte kennen wir bislang nicht.*

*Das ist vergleichbar mit der **'chinesischen Tropfenfolter'**:*

*Wenn man gelegentlich ein paar Wassertropfen auf den Kopf bekommt, stört das nicht, wenn man aber periodisch und über einen längeren Zeitraum einen solchen Tropfen auf den Kopf bekommt, ist es unerträglich.*

*Da Laien in der Regel unbekannt ist, wie sehr neurale Prozesse auf einer temporalen Codierung beruhen, unterschätzen sie in der Regel in gravierender Weise den Effekt periodischer Stressoren.*

*Unsere Daten der Feldstudie geben zudem erste Hinweise, dass das Zusammenwirken von periodischem Schattenwurf und periodischem Lärm besonders gravierende Effekte haben könnte."*

### **Belästigung durch **periodischen Schattenwurf** von Windenergieanlagen - Ergebnisse der Feld- und der Laborstudie.**

»Das Institut für Psychologie der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel untersuchte die Belästigung durch periodischen Schattenwurf von Windenergieanlagen. Die zentrale Frage war, ob bei einem Berechnungswert von 30 min/Tag bzw. 30 h/Jahr astronomischer periodischer Schattendauer eine erhebliche Belästigung ausgeschlossen werden kann.

In der Feldstudie wurden 204 Anwohner von WEA in Nordfriesland und Dithmarschen befragt, weitere 19 Probanden schickten einen Fragebogen zurück. Den Ausgangspunkt für die Bestimmung eines Beschattungsmaßes bildete eine rein astronomische Berechnung des periodischen Beschattungsdauer ("worst case-Modell"). Um die örtlichen Gegebenheiten, nämlich die Anzahl der tatsächlich beschatteten Zimmer und Flächen, zu berücksichtigen, wurde für jede Wohneinheit die periodische Beschattungsdauer nach der Nutzungsart des Immissionsortes gewichtet. Somit ergab sich als neue Entscheidungsvariable die sogenannte gewichtete Schattendauer...«.

Die Studie kann per Internet-Download von <http://www.umwelt.schleswig-holstein.de/> [Suche: Schattenwurf] auf den heimischen Rechner geladen werden.

Zum Lärm kommt also auch noch der **Schattenschlag**, den die Windkraftanlage verursacht und der Wohngebäude im Nahbereich empfindlich stört.

Steht die Sonne hinter dem Rotor, dann laufen bei Betrieb bewegte Schatten über die Grundstücke. Sie verursachen dort je nach Umlaufgeschwindigkeit des Rotors einen verschiedenen schnellen Wechsel von Schatten und Licht. Durch Fenster sind diese Effekte auch in allen Wohnräumen wahrnehmbar, die der Windkraftanlage zugewandt sind, und zwar derart, dass diese Schatten durch den ganzen Raum wandern und von Wänden, Glasscheiben, polierten Holzflächen und dergleichen widergespiegelt werden (so auch OVG Münster, a. a. O.).

Gestört werden Grundstücke im Nahbereich auch durch den *Disco-Effekt*:

Dabei wird Sonnenlicht von den Rotorflügeln als Blitzlicht reflektiert und auf die Grundstücke geworfen. Besonders lästig ist daran, dass diese Effekte in allen Wohnräumen auf spiegelnden Flächen vervielfältigt werden (so auch OVG Münster, a. a. O.).

Ferner ergibt sich die Rücksichtslosigkeit im Nahbereich zur Wohnbebauung durch die *Eigenart der Anlage*:

Sie zieht durch ihre Höhe und die Größe des Rotors ständig den Blick auf sich, zumal wenn sie in Bewegung ist.

Das LG Düsseldorf hat die Störungen durch sich bewegende Objekte zutreffend wie folgt beschrieben (Urt. v. 5.3.1997 - 2 O 39/97 - DWW 1997 S. 188):

"Ein sich bewegendes Objekt erregt in erheblich höherem Maß Aufmerksamkeit als ein statisches. Eine Bewegung wird erst recht registriert, wenn sie sich nicht direkt in der Blickrichtung des Betroffenen, sondern seitwärts von dieser befindet. Da das horizontale Gesichtsfeld beider Augen eines Menschen mindestens 180 Grad beträgt (Trotter, Das Auge, 7. Auflage 1985, S. 156), gibt es also in Wohnräumen, die der Anlage zugewandt sind, kaum Möglichkeiten, sich so zu drehen oder zu wenden, dass sie nicht wenigstens am Rande des Gesichtsfeldes wahrnehmbar ist. Gerade an der Peripherie des Gesichtsfeldes ist die Wahrnehmung von Bewegungen verhältnismäßig besser und vor allem auffälliger als im Zentrum des Gesichtsfeldes (Trotter, S. 149). Die Aufgabe des peripheren Sehens ist also gerade die Wahrnehmung auch schwacher Bewegungen oder Veränderungen im Umfeld . . ."

Es nutzt auch nichts, der Anlage den Rücken zuzuwenden; denn ihr Schatten bewegt sich durch die Wohnräume, ihre *Lichteffekte* spiegeln sich auf reflektierenden Flächen. Die Windkraftanlage bedrängt den Menschen also durch die stete Bewegung des Rotors, die - wie beschrieben - zwanghaft den Blick auf sich zieht und der man nicht ausweichen kann. Dies kann Irritationen hervorrufen; eine Konzentration auf andere Tätigkeiten wird wegen der steten, kaum vermeidbaren Ablenkung erschwert (vgl. LG Düsseldorf, a. a. O.).



Es ist daher vorstellbar, dass dadurch auch psychische Erkrankungen hervorgerufen werden können, wie bereits von Nachbarn in anderen Verfahren dargelegt worden sind.

Dabei handelt es sich regelmäßig um Kopfschmerzen, Nervosität, Übelkeit und Schlafstörungen.

Nicht nur bei hierfür besonders empfänglichen und empfindlichen Menschen wird diese optische Wirkung der aus der Sicht des Betrachters "gewaltigen" sich drehenden Rotorblätter durch die von ihnen ausgehenden Geräuschbelästigungen verstärkt.

Das Verschließen der Räume durch Rollläden ist als Gegenmaßnahme unzumutbar, da es dem Wohnen in geschlossenen Räumen gleichkommt, wodurch **Gesundheitsstörungen**, z. B. psychischer Natur, hervorgerufen werden können (ähnlich auch OVG Münster, a. a. O.).

Vor Erteilung einer Baugenehmigung muss daher sichergestellt sein, dass die Nachbarn geplanter Windkraftanlagen nicht von derartigen Immissionen belastet werden.

\*\*\*\*\*

#### Literatur

[http://www.igzab.de/Literatur/Literatur\\_Seite9/literatur\\_seite9.html](http://www.igzab.de/Literatur/Literatur_Seite9/literatur_seite9.html)

#### Veröffentlichungen von Behörden und Forschungsinstituten

Berglund, Birgitta u. Lindvall, Thomas u. Schwela, Dietrich H.: Guidelines for Community Noise;

WHO, Genf 1999

<http://www.dega.itap.de/Materialien/Materialien.htm>

Leseprobe: S. 46: Special Attention should be given to the following considerations:

Noise sources in an environment with low background noise level. For example, night-traffic in suburban residential areas.

Environments where a combination of noise and vibrations are produced. For example, railway noise, heavy duty vehicles.

Sources with low-frequency components. Disturbances may occur even though the sound pressure level during exposure is below 30 dBA.

DLR Göttingen, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt:

Leiser Flugverkehr, ein interdisziplinäres Projekt der Vorsorgeforschung im HGF-Verbund;

<http://www.sm.go.dlr.de/fluglaerm/lfvk/index.html>

Leseprobe: Eine gezielte Reduktion des Fluglärms kann sich nicht allein auf die technisch-operationelle Minderung des physikalisch messbaren Schalls beschränken, sondern sie muss sich an den physiologischen und psychologischen Wirkungen auf den Menschen orientieren. Insbesondere bezüglich der Wirkung von nächtlichem Fluglärm bestehen auch in Deutschland noch erhebliche Erkenntnisdefizite, die es zu beseitigen gilt.

Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg:

Lärmbekämpfung – Ruheschutz, Analysen, Tendenzen, Projekte in Baden-Württemberg;

in: Bericht Nr. 16, 1995

[www.lfu.baden-wuerttemberg.de/lfu/abt3/laerm](http://www.lfu.baden-wuerttemberg.de/lfu/abt3/laerm)

**Leseprobe: Physikalische Lehrbücher beschreiben das Problem des tieffrequenten Schalls häufig nur unzureichend. Die Aussagen darin lauten sinngemäß: „Die untere Frequenzgrenze des menschlichen Hörbereiches liegt bei etwa 16 bis 20 Hz – tieferfrequenter Schall, sogenannter Infraschall, ist nicht hörbar.“ Verschiedene, zum Teil schon 60 Jahre alte Untersuchungen, zeigen allerdings: das menschliche Ohr ist durchaus in der Lage, Luftdruckschwankungen im Infraschallbereich wahrzunehmen, und zwar bis herab zu etwa 1 Hz.**

**Kommentar: Kapitel 11 beschreibt die Wirkungsweise von tieffrequentem Schall unter anderem an drei Beispielen aus der Industrie. Ein Zwischentitel bringt es auf den Punkt: „Wer noch nichts hört, der kann schon fühlen“**

**Maschke, Christian:**

**Beeinträchtigung der Gesundheit durch Verkehrslärm;**

**Robert Koch-Institut, Berlin;**

**Hrsg: Hartmut Ising, Umweltbundesamt, Berlin**

**[www.hoffnungstal.de/fluglaerm/laerm.pdf](http://www.hoffnungstal.de/fluglaerm/laerm.pdf)**

**Ortscheid, Jens u. Wende, Heidemarie:**

**Fluglärmwirkungen;**

**Umweltbundesamt, Berlin, 2000**

**<http://www.umweltbundesamt.de>**

**Vorschlag für eine Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates über die Bewertung und Bekämpfung von Umgebungslärm;**

**(von der Kommission vorgelegt)**

**<http://www.dega.itap.de>**

**Kommentar: So schwierig sind Regelungen durchzubringen.**

**Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin:**

**Forschungsprojekt: Wirkung von tieffrequentem Schall;**

**Abschluß 2002**

**<http://www.baua.de/fors/5175.htm>**

**Leseprobe: An Arbeitsplätzen können hohe Schallpegel im niederfrequenten Bereich auftreten, die von technischen Quellen wie Verdichterstationen, Klimaanlage, Förderanlagen oder Pumpen ausgehen. Speziell die Anzahl klimatisierter Arbeitsräume wird in Zukunft weiter zunehmen. Damit stellt sich die Frage nach möglichen gesundheitlichen Beeinträchtigungen durch berufliche Exposition im niederfrequenten Schall.**