

Tieffrequente Geräuschimmissionen und ihre Beurteilung

<http://windwahn.de/index.php/krankheit-56/infraschall/recherchen-zum-thema-infraschall>

mit Dank an Sven Johannsen (www.windmessung.blogspot.de)

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 – tieffrequenter 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.

Die Rotorflügel von Windkraftanlagen 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 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 ausreichende, 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 Planung. Hoffnung besteht allein auf das Bundesimmissionsschutzgesetz, 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.

Infraschallmessungen: Messungen mit einem hochempfindlichen seismischen Schwingungsaufnehmer bzw. Infraschall-Mikrofon !

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.

Ein 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 diesem 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 für 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 derzeitigen, gebräuchluchen Berechnungen zur Geräuschemission von WKA nachweislich falsch!***

"In Nächten" 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 daher 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 Akustik 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 Geräuschbelästigung um etwa 15 dB herauskommen, also statt der berechneten 45 dB ca. 60 dB, was für Wohngebiete dann nicht mehr zulässig wäre.