



### *Machbarkeitsstudie des Umweltbundesamtes zu den Wirkungen von Infraschall 2014*

#### **- Eine Auswahl der wichtigsten Zitate mit zusammenfassender Wertung -** 20.12.2014

S. 15

„Eine im Zusammenhang mit Infraschall häufig untersuchte Geräuschquelle sind Windenergieanlagen. Die Veröffentlichungen zeigen, dass die Erfassung von Abstrahlung und Ausbreitung der Geräusche von Windenergieanlagen mit Unsicherheiten behaftet sind, die eine fundierte Geräuschprognose erschweren. Mit wachsender Höhe der Windenergieanlagen durchschneiden die Rotorblätter ein stärker variierendes Windprofil. Es ist daher fraglich, ob das Abstrahlungs- und Ausbreitungsmodell für kleinere Windenergieanlagen auf moderne, große Anlagen übertragbar ist. Aufgrund theoretischer Betrachtungen von Strömungsakustikern ist nicht davon auszugehen.“

→ Die heutige Größe der WKAs lässt zuverlässige Schallprognosen nicht zu.

S. 51

„Nach dieser Auswertung beschäftigt man sich insbesondere in Großbritannien, aber auch in Dänemark, den USA, Japan, den Niederlanden und Schweden mit Infraschall und tieffrequentem Schall intensiver, häufig im Zusammenhang mit Windenergieanlagen. Dass Deutschland von der Anzahl der Veröffentlichungen her in diesem Kreis zu finden ist, ist mehr auf den Einbezug auch nicht-wissenschaftlicher Themen zurückzuführen, als auf ein umfassendes wissenschaftliches Engagement in diesem Bereich.“

→ Deutschland trägt wenig zur Infraschallforschung im Zusammenhang mit WKAs bei.

S. 55

„Die A-Bewertung wird in der Literatur vielfach als ungeeignet angesehen, um tieffrequente Geräusche in ihrer Belästigung richtig einschätzen zu können...“

Ebenso kann bei verschiedenen Gebäuden die Außen/Innen-Übertragungsfunktion spektral sehr unterschiedlich sein...“

Allerdings ist es derzeit kaum möglich, sich wirksam gegen den tieffrequenten Lärm von außen zu schützen“

→ **Spezielle Probleme bei der Beurteilung von Infraschall entstehen durch die vollkommen unzureichende A-Bewertung, die fehlende Lärmdämmung bei Infraschall und die dadurch ungünstige Bevorzugung tieffrequenter Schallwellen beim Übergang in die Innenräume der betroffenen Newohner.**

S. 56

„Liegt kein geeignetes Quellenmodell vor, so besteht die Gefahr, dass die Gegebenheiten am Emissionsort nicht repräsentativ erfasst werden und damit die Basis für eine fundierte Prognose fehlt. Bei Windenergieanlagen scheint dieses Problem vorzuherrschen, denn bei entsprechenden Untersuchungen werden häufig Abweichungen zwischen Modell und Messung (vgl. [4][60]) festgestellt. Zur Verbesserung der Prognose werden deshalb nach Turnbull et al. (2012) [150] Alternativen zum Kugelwellenmodell vorgeschlagen, mit denen eine Abstandsverdopplung mit einer Reduktion von 6 dB verbunden wäre. Hierdurch würden allerdings die Pegel am Immissionsort regelmäßig unterschätzt werden. Bei einem Zylinderwellenmodell, von dem bei größeren Windenergieanlagen eine Verbesserung der Prognose erwartet wird (vgl. [94][54]), wären dies nur 3 dB pro Verdopplung. Wahrscheinlich ist aber auch dieses Modell zu einfach. Das charakteristische pulsierende Geräusch von Windenergieanlagen, das lange Zeit mit dem Passieren eines Rotorblatts am Turm erklärt wurde, wird derzeit mit dem Durchschneiden verschiedener Schichten im Windprofil erklärt. Dabei entstehende Turbulenzen könnten nach Kameier et al. (2103) [65] einen impulshaltigen Charakter verursachen. Bei solchen Turbulenzen können sich Wirbel ablösen, die auch über größere Entfernungen sehr formstabil zu einer stark gerichteten Abstrahlung führen können.“

→ **Schallprognosen werden auch durch ungeeignete Ausbreitungsannahmen verfälscht: Niederfrequente Schallwellen breiten sich eher nach dem zylinderförmigen Ausbreitungsmodus aus, also eine Luftdämpfung von 3dB (anstatt 6dB!) pro Abstandsverdoppelung. Die Impulshaltigkeit entsteht durch Entstehung starker gerichteter Turbulenzen (Wirbelschleppen) beim Durchschneiden der verschiedenen Luftschichten.**

S. 57

„Ein großer Abstand zwischen Emissions- und Immissionsort verstärkt den Einfluss der Meteorologie. Dies kann bei instabilen Wetterlagen schlagartig andere Ausbreitungsverhältnisse und damit stark schwankende Pegel zur Folge haben. Die von vielen Betroffenen gemachte Beobachtung, dass nachts die Geräusche von Windenergieanlagen lauter wären, wurde früher mit einer erhöhten Empfindlichkeit / Aufmerksamkeit der Betroffenen hinsichtlich der Geräusche erklärt. Durch Van den Berg (2006) [156] konnte aber nachgewiesen werden, dass nachts systematisch andere Ausbreitungsbedingungen vorliegen, die auch dafür verantwortlich sind. Nicht selten ist festzustellen, dass Pegel mit zunehmendem Abstand nicht kontinuierlich abnehmen, sondern auch zunehmen können. Dieser Effekt ist durch das Windprofil bedingt.“

→ **Die in der Hälfte der Nächte vorliegenden stabilen Luftschichtungen rufen durch Reflexionen der tieffrequenten Schallwellen wesentlich geringere Luftdämpfungen, Überwindung von geografischen Hindernissen und sogar mit dem Abstand zunehmenden Lärmwerte hervor.**

S. 58

„Wirkungen von Infraschall auf den Menschen“

→ **In diesem Abschnitt werden nur Untersuchungen zu Infraschall in Zusammenhang mit WKAs zitiert (van den Berg(2000,2012), Møller / Pedersen (2004))**

S. 65

„In der Literatur (vgl. [9][101][99][12]) wird beschrieben, dass die Schwankungsstärke einen deutlichen Einfluss auf den Grad der Belästigung hat. Nimmt sie zu, nimmt die Belästigung zu. Dabei ist nicht allein das Maß der Pegelschwankung (Modulationsgrad), sondern auch die Frequenz der Pegelschwankung (Modulationsfrequenz) maßgeblich. Dieser Einfluss wird in den bestehenden Verfahren entweder gar nicht oder nur ansatzweise berücksichtigt. Hier würde ein konkreter Ansatz eine Verbesserung darstellen, weil viele Geräusche eine deutliche Schwankung oder sogar Impulshaltigkeit aufweisen.

Einer weiteren Klärung bedarf auch die Frage, wie höhere Frequenzkomponenten oder allgemein die spektrale Form des Geräusches in einem Verfahren zu berücksichtigen ist.“

→ **Modulationsgrad und –frequenz sowie die spektrale Form der Schallemissionen werden beim Emissionsschutz nicht berücksichtigt. Nur eine genaue temporale und Spektralanalyse der Emission lässt Aussagen über deren Belästigungs- oder Schädigungspotential zu**

S. 66

„Die Untersuchungen von Salt (2010 bis 2012) [128] [130][129], die auch bei sehr tiefen Frequenzen von einer Erregbarkeit des Innenohrs – genauer der äußeren Haarzellen – ausgehen, geben weiteren Untersuchungen eine neue Perspektive. Mit bewährter und neuerer Medizintechnik sollte diesem Phänomen nachgegangen werden. Dabei wäre zu klären, ob eine dauerhafte Beschallung mit tiefen Frequenzen eine neuronale Dauerbelastung ist, auch wenn der Schall nicht wahrnehmbar ist. Weitere Fragestellungen wären: Kann ggf. diese Dauerbelastung direkt oder indirekt auditive Wahrnehmungsmechanismen verändern (vgl. Hensel (2007) [52])? Können sie direkt eine mentale Belastung darstellen oder indirekt eine solche auslösen?

→ **es ist nicht auszuschließen, dass eine dauernde Schallbelastung auch unterhalb der Wahrnehmungsschwelle zu einer neuronalen Belastung und zu einer Veränderung des Hörens führt.**

S. 66

„Vielfach wird unterstellt oder beruht sogar auf eigenen Erfahrungen, dass man sich scheinbar an gewisse Dinge auf Dauer gewöhnen kann, so auch an Lärm, wenn er z. B. nicht zu laut ist (Habituation). Im Allgemeinen tritt jedoch ein Gewöhnungseffekt nur scheinbar auf und ist oft das Resultat einer Verdrängungsstrategie. Eine solche Strategie scheint aber bei tiefen Frequenzen nur schwer möglich zu sein, denn mit steigender Dauer der Exposition nimmt die Empfindlichkeit zu (Sensibilisierung) (vgl. Persson / Rylander (2001) [119]).“

→ **Bei tiefen Frequenzen führt eine Dauerbelastung zu einer Sensibilisierung (Bahnung). Gewöhnung ist hier nicht möglich.**

S. 66

Eine Hypothese ist, dass durch tieffrequenten Schall und Infraschall neuronale Prozesse verursacht werden, die bei einem mehr oder minder leichten Anstoß durch einen akustischen Stimulus ein andauerndes „Eigenleben“ entwickeln. Das mag eine sehr bildhafte Vorstellung zu sein, sie passt aber auch zu anderen Phänomenen. Gedacht wird hier an den Tinnitus und die Epilepsie. Beide sind an sich keine Krankheiten, sondern nur Symptome von Vorgängen, die sehr unterschiedliche Ursachen haben können. Eine gewisse

Gemeinsamkeit zu den hier beschriebenen Vorgängen ist nicht erkennbar. Wie flackerndes Licht einen epileptischen Anfall auslösen kann, so kann nach Branco und Daly et al. (1999/1957) [13][22] ein wummerndes Geräusch zu starken Irritationen führen und sogar bei einer entsprechenden Prädisposition zu epileptischen Anfällen führen. Bei vielen Betroffenen können Geräusche einen Tinnitus auslösen.

→ **pulsierende Schallemissionen können Tinnitus und Epilepsie begünstigen**

S. 67

„Vibration in Kombination mit tieffrequentem Schall oder Infraschall kann besonders bei den Führern eines Verkehrsmittels (z. B. LKW, Bus) zu Problemen führen.“

→ **Vibration durch Körperschallübertragung kann in Kombination mit Infraschall zu Problemen führen**

S. 67

„Mit wachsender Höhe der Windenergieanlagen durchschneiden die Rotorblätter ein stärker variierendes Windprofil. Es ist daher fraglich, ob das Abstrahlungs- und Ausbreitungsmodell für kleinere Windenergieanlagen auf moderne, große Anlagen übertragbar ist. Aufgrund theoretischer Betrachtungen von Strömungsaustikern ist nicht davon auszugehen (vgl. Kameier et al. (2013) [65]). Neben dem Detail, wie der Schall sich räumlich ausbreitet, stehen allgemein die Einflüsse im Mittelpunkt des Interesses, die den Schall in seiner spektralen wie zeitlichen Charakteristik bei der Abstrahlung und der Ausbreitung prägen.“

→ **Unsicherheiten bezüglich der Schallabstrahlung und –ausbreitung sowie der spektralen wie zeitlichen Charakteristik der Schallemissionen von WKAs verhindern eine zuverlässige Schallprognose.**

S. 68

„Die physikalischen Gegebenheiten, die die nahezu ungehinderte Ausbreitung von tieffrequentem Schall und Infraschall zugrundeliegen sind dieselben, die einen wirksamen Lärmschutz gegenüber diesen Schallarten sehr erschweren. Sollen effektive bauliche Schallschutzmaßnahmen getroffen werden, so ist der Aufwand bezüglich eingesetzter Massen oder Volumina umgekehrt proportional zu den Frequenzen. Bei tieffrequentem Schall oder sogar bei Infraschall bedeutet dies in der Regel einen kaum realisierbaren Aufwand. Die Schallschutzbestimmungen für den Wohnungsbau beschränken sich deshalb auf einen Frequenzbereich bis hinunter zu 100 Hz.“

→ **Infraschall zeichnet sich durch nahezu ungehinderte Ausbreitung und nicht realisierbare Lärmdämmung aus**

S. 94

„Praktisch relevante Quellen sind Wärmepumpen, Biogasanlagen, Blockheizkraftwerke, Windenergieanlagen, Kälte- und Klimaanlage, Lüftungen und Gebäudeheizungen sowie Pressen/Stanzen in der Gruppe der Produktionsstätten.

Für die systematische Erforschung der Lärmwirkungen sollten Anlagen mit einer hohen Anzahl von Betroffenen gewählt werden, wie zum Beispiel Blockheizkraftwerke, Windenergieanlagen und Pressen/Stanzen von Produktionsbetrieben“

## →WKAs zählen zu den relevanten Infrasschallquellen und führen zu einer hohen Anzahl von Betroffenen

S. 95

„Auswertungen von Beschwerden (Vasudevan / Gordon (1977) [159]; zit. nach Leventhall (2003) [82]) haben gezeigt, dass den Beschwerden über tieffrequenten bzw. Infrasschall oftmals folgende gemeinsame Faktoren zugrunde liegen (Leventhall, 2003, S. 36 [82]):

- Die Probleme treten eher in ruhigen, suburbanen Gebieten auf.
- Die Geräusche liegen nah an der Hörschwelle und werden von einer Minderheit der exponierten Personen gehört.
- Die Geräusche sind typischerweise im Innenraum und nicht im Außenbereich zu hören.
- Die Geräuschcharakteristik wird als klopfend bzw. tief, rollend bezeichnet.
- Die meisten Beschwerden stammen von Personen im Alter von 55 bis 70 Jahren.
- Die Beschwerdeführer sind normalhörend.
- Tinnitus wurde bei den Beschwerdeführern medizinisch ausgeschlossen.

Als Spektrum der Wirkungen von Infrasschall wurden im Rahmen der Literaturanalyse folgende Wirkungsbereiche identifiziert.

- Veränderung im Herz-/Kreislaufsystem (z. B. Änderung des Blutdrucks, Herzrate)
- Konzentrationsschwäche, Reaktionszeitänderungen im Leistungstest
- Einwirkung auf auditive Sinnesorgane und auf das Gleichgewichtsorgan
- mit den o. g. physischen Wirkungen einhergehende psychovegetative Störungen bzw. erlebtes Unbehagen (Schwindel, Müdigkeit, Benommenheit, Druckgefühl am Trommelfell, Vibrationsgefühl)
- (erlebte) Schlafstörungen, Störungen der Konzentration bei (geistigen) Tätigkeiten und Belästigung.“

## → Die typischen Beschwerden durch Infrasschall treten auch bei WKAs auf

S. 98

„Typ mit einer Infrasschallbelastung tags und nachts (z. B. Blockheizkraftwerk, Windenergieanlage).“

## → WKA zeichnen sich durch eine ganztägige (24h) Lärmbelastung aus

S. 110

„Über eine Erweiterung zu tieferen Frequenzen (Din 45680) wäre dennoch in speziellen Fällen nachzudenken. So zeigen beispielsweise die Spektren der Geräusche von Windenergieanlagen im Bereich von 1 Hz bis 8 Hz häufig ausgeprägte harmonische Anteile, die sich damit von zum Beispiel windinduzierten Geräuschen deutlich absetzen.“

→ **Infraschall von WKAs unterscheiden sich deutlich durch schmalbandige, harmonische Frequenzanteile auch zwischen 1 und 8 Hz von Windgeräuschen und wird durch die aktuelle DIN 45680 nicht erfasst**

S. 114

„... ist eine Prognose der Außenpegel auf den geschlossenen Innenraum in der Regel nicht möglich. Die Gründe hierfür liegen insbesondere in unzureichenden Erkenntnissen über die Schalldämmung bei Frequenzen unter 100 Hz, Resonanzeffekten sowie raumakustische Effekte und Schwingungsanregungen.“

→ **Resonanz- und Überlagerungseffekte lassen für Innenräumen eine Schallprognose über Infraschall nicht zu**

S. 115

„Um den nennenswerten Infraschallanteil im Summenschallpegel detektieren zu können, wäre neben der Anwendung einer speziellen Bewertungskurve (G-Bewertung) auch die Betrachtung anhand der Pegelgröße  $L_{Zeq}$  (im gemessenen Frequenzbereich 0,5 Hz bis 20 kHz) in die Bewertung einzubeziehen: Neben dem tieffrequenten Anteil aus dem Verhältnis  $L_{Ceq} - L_{Aeq}$  wäre zum Beispiel das Verhältnis  $L_{Zeq} - L_{Ceq}$  als Indikator sowie eine aus diesen beiden Differenzen gebildete Pegelverhältnisgröße notwendig.“

→ **Für die Beurteilung von Infraschall muss die Pegelgröße  $L_{Zeq}$  und  $L_{Ceq}$  herangezogen werden. Die A-Bewertung ist hierfür ungeeignet.**

S. 116

„Pauschale Ansätze, die die Situation mit dem Ziel einer Konfliktbewältigung einseitig überschätzen, wie zum Beispiel die Festlegung von Mindestabständen, erscheinen ohne wissenschaftlich abgesicherte Grundlagen über die Auswirkungen der Quellen nicht sachgerecht. Auf der anderen Seite kann das Fehlen von Standards, wie einem genormten Prognoseverfahren, in der Praxis zu einer Unterschätzung der Gegebenheiten und der Neuplanung von Konflikten führen. Insofern erscheint für die Konfliktbewältigung eine ganzheitliche Betrachtung, die Festlegung von Grenzwerten sowie standardisierte und genormte Prognoseverfahren notwendig.“

→ **statt pauschaler Mindestabstände muss eine ganzheitliche Betrachtung des Infraschallproblems die Erarbeitung geeigneter Grenzwerte und Prognoseverfahren ermöglichen,**

## **Fazit**

**Solange differenzierte Schutzmaßstäbe nicht verfügbar sind, können nur aus ausreichende Sicherheitsabstände (mind. 10xH und für Gesundheitsstandorte 15xH) in Kombination mit geeigneten Abschaltalgorithmen für besondere meteorologische und geomorphologische Bedingungen für den notwendigen Gesundheitsschutz der Bevölkerung sorgen. Da es sich durch die Privilegierung der Windkraft in Deutschland um ein zunehmend flächendeckendes Projekt handelt, muss hier der gemäß Grundgesetz § 2 festgelegte Gesundheitsschutz der Bevölkerung dringend beachtet werden. Als Ärzte haben wir die Verpflichtung, die Bevölkerung vor den Nachteilen einer zunehmenden Technisierung unserer Umwelt zu schützen und werden immer wieder darauf hinweisen, dass gesundheitliche Schutzbereiche im Sinne unserer Patienten nicht verhandelbar sind.**