

Analyse der UBA-Studie „Lärmwirkungen von Infraschallimmissionen“ im Hinblick auf die Gesundheitsgefährdung durch Druckpulse von Windrädern im Bereich 0 bis 6 Hz

Dr. Wolfgang Hübner

20.09.2020

Kurzfassung:

Die in der UBA-Studie verwendete Signalerzeugungstechnik ist im Bereich 0 bis 6 Hz unzureichend, um die Einwirkungen der Luftdruckpulse von Windrädern auf die Probanden realitätsnah nachzubilden. Da der Rotor eines Windrades gerade im Bereich 0 bis 6 Hz den größten Teil seiner „Verlustenergie“ in Form von sehr starken Luftdruckpulsen (Grundfrequenz etwa 1 Hz je nach Umdrehungsgeschwindigkeit) abgibt, können aus den Ergebnissen der Studie für diesen Frequenzbereich keine fundierten Rückschlüsse auf den Grad der gesundheitlichen Gefährdung infolge der Luftdruckpulse von Windrädern geschlossen werden, weder für kurzzeitige Exposition, noch für einen dauerhaften Einwirkungszeitraum.

1. Grundlagen

Windräder aktueller Größe gewinnen ihre elektrische Energie von ca. 3 MW, indem die drei Rotorflügel den zuvor ungestörten Luftstrom abbremsen und zwischen den Flügeln den Luftstrom wieder frei geben. Durch diesen Prozess des Abbremsens und Wiederbeschleunigens des Luftstroms erzeugt der Rotor typische Luftdruckpulse, diese sind die unvermeidbare „Verlustenergie“ aus diesem Prozess. Die so erzeugten Druckpulse sind allerdings sehr stark: Legt man die von BGR ¹⁾ an Windparks ermittelten Schalldrucke zugrunde und wollte man diese Druckpulse mit einem riesigen Lautsprecher erzeugen, so müsste die Spule dieses Lautsprechers eine Kraft entsprechend einem Gewicht von mehr als einer Tonne pulsartig aufbringen²⁾.

Abhängig von der Umdrehungszahl pro sec des Rotors liegt die Grundfrequenz dieser Luftdruckpulse beispielsweise bei der von LUBW ³⁾ (Abb. 4.5.6) gemessenen 3,2 MW Anlage bei 0,6 Hz mit den Oberfrequenzen bei 1,2 Hz; 1,8 Hz; 2,4 Hz; und 3 Hz. Oberhalb 6 Hz können die Beiträge aus der Frequenzanalyse zur Pulsbildung und damit zur Wirkung auf den Menschen vernachlässigt werden.

Will man die Wirkung dieser Luftdruckpulse auf den Menschen simulieren, muss man im ersten Schritt repräsentative Luftdruckpulse (Höhe und Pulsform) von Windrädern/Windparks ermitteln, um dann im zweiten Schritt diese Pulse mittels einer geeigneten Signaltechnik in einer Wohnraumsituation (wie in der UBA-Studie⁴⁾ beschrieben) auf den Menschen einwirken zu lassen.

Von besonderer Bedeutung ist die realitätsnahe Nachbildung der Pulse in der Wohnraumsituation. Denn im Frequenzbereich 0 bis etwa 6 Hz spielt die tonale Wahrnehmung eines Signals (beispielsweise über das Ohr) keine Rolle. Unsere Sinneswahrnehmung erfolgt in diesem Frequenzbereich über wechseldruckempfindliche Rezeptoren, wie sie beispielsweise im Tastsinn und an vielen anderen Stellen des Körpers als Mess- und Regelsensoren „eingebaut“ sind. Diese wechseldruckempfindlichen Sensoren registrieren den Druckpuls in seiner Gesamtheit entsprechend seiner Pulshöhe und ggf. auch nach Pulsform (nicht nach einer messtechnischen Zerlegung des Pulses in Einzelfrequenzen). Unsere wechseldruckempfindlichen Rezeptoren unterscheiden in diesem Frequenzbereich zwischen schneller und langsamer Pulsfolge. Für eine realitätsnahe Nachbildung der vom Windrad erzeugten Pulsfolgen im Bereich von 0 bis 6 Hz müssen die messtechnisch mittels Fourieranalyse ermittelten Einzelfrequenzen durch Summation wiederum den realen Puls ergeben, der nach Höhe und Form repräsentativ für den Druckpuls des Windrades ist.

Laut BGR ist beispielsweise bei einem Windpark mit 16 Rädern zu je 1,8 MW in 700 m Entfernung mit einem Schalldruck (der ersten Oberfrequenz, nach messtechnischer Zerlegung des Pulses in seine Einzelfrequenzen; die Summe aller Einzelfrequenzen ergibt eine noch größere Pulshöhe) von 100 dB entsprechend 2 Pascal zu rechnen (moderne Windparks sind noch leistungsstärker; weiterhin muss in weniger als 700 m mit deutlich höheren Werten gerechnet werden, mit örtlichen Maxima und Minima). Demgegenüber liegt die Signalempfindlichkeit unseres Tastsinnes (und anderer auf Wechseldruck empfindlicher Rezeptoren unseres Körpers) bei weniger als 0,8 Pascal (siehe ⁵⁾). Diese hohe Empfindlichkeit besteht auch in Gegenwart anderer/stärkerer Schallquellen, wie beispielsweise hoher Windgeräusche (siehe ⁶⁾).

Eine ständige Anregung der über unseren Körper verteilten Rezeptoren, welche auf Wechseldruck im Bereich von 0 bis etwa 6 Hz empfindsam sind, ist eine völlig neue Sinneserfahrung, wie wir sie von Natur aus nicht kennen. Die Druckwellen des Windparks erzeugen gleichzeitig bei den vielen im Körper vorhandenen Rezeptoren (beispielsweise über die Vater-Pacini-Körperchen⁶⁾) elektrische Signale, welche über die Nervenbahnen zum Gehirn gelangen und dort registriert werden, ohne dass das Gehirn eine genaue Ortung am Körper vornehmen kann. Die von vielen Anwohnern von Windparks inzwischen vielfältig und einheitlich berichteten gesundheitlichen Störung, wie innere Unruhe, Schlafstörung und Konzentrationsmängel können dafür verantwortlich sein.

2. Analyse der UBA-Studie im Hinblick auf die Gefährdung durch Luftdruckpulse im Bereich 0 bis etwa 6 Hz

2.1 Signal- und Messtechnik

Die Signaltechnik der UBA-Studie⁴⁾ sollte geeignet sein, um insbesondere im Bereich von 0 bis 6 Hz Luftdruckpulse zu erzeugen, welche repräsentativ für die Erzeugung der von Windrädern erzeugten Luftdruckpulse im Bereich 0 bis etwa 6 Hz sind. Denn gerade in diesem Frequenzbereich produziert das Windrad den größten Teil seiner „Verlustenergie“.

In der UBA Studie wird ein Signalgeber verwendet (Rotationstieftonlautsprecher mit Oberwellen-kompensation), welcher einem Lüfterrad mit verstellbaren Flügeln entspricht. Dieses Lüfterrad erzeugt starke ungewollte Geräusche, welche mit schalltechnischen Gegenmaßnahmen mit hohem Aufwand unterdrückt werden müssen. Diese Technik ist für den Bereich 0 bis 6 Hz eine ungeeignete Lösung, auch sind Schalldrucke oberhalb 115 dB (laut S. 25) mit dieser Technik nicht darstellbar.

Um Druckwellen in einem Raum von (4x5x2,5) m³ zu erzeugen, hätte man einfacher und in der Wirkung präziser in die Wandöffnung eine entsprechend große Luftpumpe einbauen können, mit welcher man auch die Pulshöhen und Pulsformen in einem breiten Spektrum simulieren kann. Für eine Pumpe beispielsweise mit 20 cm-Zylinderdurchmesser benötigt man für einen 50 m³ großen Raum etwa einen Hub von 3 cm, um eine Druckänderung entsprechend 100 dB (2 Pa) zu erzeugen (Hubvolumen etwa 1 Liter). Dies ist ohne aufwändige Mechanik und ohne große Nebengeräusche bei der Pulsfrequenz von etwa 1 Hz technisch lösbar. Durch Variation des Pumpenhubs (Hubkennlinie) könnte man die zuvor am Windrad ermittelten typischen Pulsformen realistisch nachbilden.

Mit dieser einfachen „Luftpumpen-Technik“ kann man Druckpulse in einer großen Bandbreite erzeugen, beispielsweise bei 70 dB beginnend bis 140 dB, um bei den Probanden die individuell verschiedenen Ansprechschwelle für die Druckpulse zu ermitteln.

Diese „Luftpumpen-Technik“ hat auch den großen Vorteil, dass man damit die Korrektheit der gesamten messtechnischen Kette überprüfen kann: Ein rechnerisches Pumpenhub-Volumen entsprechend 2 Pascal muss am Bildschirm zu einem Druckwert von 2 Pascal führen!

Vor diesem Hintergrund ist die Qualität der erzeugten Signale der UBA-Studie in dem für die Gesundheit besonders kritischen Bereich 0 bis 6 Hz mit Einschränkung zu betrachten.

2.2 Aussagen der UBA Studie im Hinblick auf die Einwirkung im Bereich 0 bis 6 Hz

- (S. 19) Treffend ist die Wirkung von Infraschall in Räumen beschrieben als „Druckkammereffekt“, wobei sich der Luftdruck wie ein wechselnder Füllstand in einem Tank gleichmäßig im ganzen Raum auf und ab bewegt. Diese Situation könnte mit der beschriebenen „Luftpumpen-Technik“ sehr gut nachgebildet werden.

- (S. 20) „Ein standardisiertes Prognose- und Berechnungsverfahren zur Entstehung und zur Schallausbreitung von Infraschall im Freien besteht nicht... Daher ist bislang nur die Messung vorhandener Infraschallimmissionen, nicht aber deren Prognose praktisch umsetzbar“. Damit werden die über Jahrzehnte im internationalen Verbund gewonnenen Erfahrungen der BGR zur Messung und Ausbreitung von Infraschall aufgrund einer fehlenden Normung negiert. (Dem Autor liegt eine Stellungnahme der BGR vor, in welcher BGR die Korrektheit ihrer publizierten Projektergebnisse¹⁾ bestätigt und sich gegen publizierte Vorwürfe der Unkorrektheit verwehrt.)

- (S. 21) Gemäß der Darstellung wird bei 1 Hz die Hörschwelle mit 130 dB angegeben. Dieser Druck entspricht 64 Pascal oder einer Gewichtsauflage von 645 mg/cm². Das würde einem Stapel von 80 Papierblättchen entsprechen! Unabhängig vom Gehör muss man einen derartig hohen Schalldruck

über die auf Wechseldruck empfindsamen Sinnesorgane mit hoher Sicherheit wahrnehmen, wie jedermann am eigenen Körper experimentell nachvollziehen kann. Messungen mit verschiedenen Probanden bis zu 130 dB (was mit der verwendeten Technik nicht möglich war) hätten hierzu Klarheit geschaffen (der Signalgeber konnte max. 115 dB erzeugen).

- (S. 22) „...die vorliegende Studie untersucht, ob kurzzeitig dargebotener Infraschall einen Einfluss auf akute physiologische Reaktionen des Körpers sowie die akute Lärmbelastigung hat“. Damit sind die Ergebnisse auf eine langfristige Exposition, wie sie Anwohnern von Windparks ausgesetzt sind, nicht übertragbar.

- (S. 22) Szenario 1: „Sinus 3 Hz 100% amplitudenmoduliert mit 1 Hz, 105 dB (aufgrund der Modulation im Schalldruckpegel schwankend und mit Nebenmaxima bei 1 Hz bis 16 Hz), Pegel 105 dB (Z-bewertet/unbewertet)“. Mit einem derartigen Signal werden die Druckpulse eines Windrades (wie beispielsweise im Punkt 1 aus der LUBW-Studie zitiert) schlecht nachgebildet. Damit wird die eingeschränkte Qualität der für den Frequenzbereich 0 bis 6 Hz erzeugten Signale dokumentiert. So dass die Ergebnisse für diesen Frequenzbereich insgesamt in Frage zu stellen sind.

- (S.26) Abb. 7: Alle Szenarien wurden von den Probanden in der kurzen Expositionszeit als Belästigung registriert. Szenario 1 wurde pulsierend wahrgenommen. Gemessen an den Fehlerbalken und der geringen Statistik ist eine Aussage, welches der Szenarien die größte Belästigung erzeugt, mit Vorbehalt zu betrachten. (S.28) „Der Großteil der Testpersonen konnte die vier Infraschallszenarien eindeutig von der Ruhe unterscheiden“.

- (S.46) „Die Ergebnisse der Machbarkeitsstudie deuten darauf hin, dass Infraschallpegel von mehr als 140 dB negative Auswirkungen auf die Gesundheit und das Wohlbefinden des Menschen haben“. 140 dB entspricht einem Druck von 200 Pascal (Hubvolumen der „Luftpumpe“ für 50 m³ = 100 Liter!), dazu muss man 255 Papierblättchen übereinanderstapeln! Wie ist so eine Fehleinschätzung möglich?

- (S.54) Rotationstieftöner TRW-17: „Werden Lautsprecher bei derart hohen Pegeln betrieben, kommt es aus verschiedenen technisch-physikalischen Gründen zu mehr oder minder starken nicht-linearen Verzerrungen...so dass auch Schallanteile bei Vielfachen der Grundfrequenz abgestrahlt werden.“ (Mängelbestätigung)

- (S.56) „Bei Signallagen im Frequenzbereich 1 bis 4 Hz und bei hohen Schalldrücken von 115 dB wurden erhebliche Sekundäreffekte festgestellt“. (Mängelbestätigung)

- (S.57) Abb. 19: Das Schallspektrum hat keine Ähnlichkeit mit den von BGR und LUBW identifizierten Linienspektren von Windrädern. Somit sind die Ergebnisse des Szenarios 1 grundsätzlich in Frage zu stellen.

- (S.61) Abb. 24 und 25: Für den Bereich oberhalb 10 Hz ist dargestellt, wie die Vielzahl der Oberwellen durch Gegenschall ausgelöscht werden. Für den Bereich 0 bis 8 Hz fehlt das Messergebnis. Die Gegenschallanlage ist offensichtlich im Bereich 0 bis 8 Hz wenig wirksam, genauso wie die Signalerzeugung in diesem Bereich mit großen Schwierigkeiten verbunden ist. Auf S.68 erfolgt die Erklärung: Im Szenario 1 wurde ohne Gegenschall gearbeitet (weil der verwendete Subwoofer dies in diesem Frequenzbereich nicht kann).

- (S.62) Abb. 26: Der Nachweis der Gleichwertigkeit von Messmikrofon und Mikrobarometer ist im unteren Bereich nur bis zu einem Pegel von etwa 60 dB gemacht. Windparks erzeugen im Nahfeld Werte von mehr als 100 dB (druckmäßig einen Faktor 100 mehr). Im Übrigen sind „A-Bewertung“ und „Mittelungspegel“ völlig unangebrachte messtechnische Werkzeuge, um die Einzelpulse von Windrädern im Bereich von 0 bis 6 Hz (dem in Szenario 1 nachzubildenden Frequenzbereich) zu analysieren.

- (S.64) „Aufgrund der Hauptdrehfrequenz von Windenergieanlagen entstehen Schallereignisse mit Frequenzen im Bereich 0,5 bis 2 Hz. Der Schalldruckpegel des Infraschalls liegt in der Regel jedoch auf einem niedrigen Niveau. Abb. 29 zeigt das Ergebnis einer Schallpegelmessung einer 3 MW Anlage im Abstand von 50 m, in der Grafik wird ein A-bewerteter Summenpegel von 50 dB angegeben“. Hier werden die Ergebnisse der BGR als nicht existent unterdrückt (in 700 m Entfernung eines Windparks ist mit einem Schalldruck von mehr als 100 dB zu rechnen, im Nahfeld sind die BGR-

Messungen mit Vorbehalt zu verwenden, denn dort hat sich das Schalldruckfeld noch nicht gleichmäßig ausgebildet. Je nach gewählter Stelle im Nahfeld können deshalb höhere oder tiefere Druckwerte existieren als die BGR-Kurven wiedergeben. In jedem Fall ist im Nahfeld mit Spitzenwerten von deutlich mehr als 100 dB zu rechnen.). Die Wertung „auf niedrigem Niveau“ steht im völligen Widerspruch zu den Ergebnissen der BGR.

- (S.66) Abb.30: Das Frequenzspektrum zum Szenario 1 belegt die Fehlerhaftigkeit der Signaltechnik. Das Spektrum ist völlig verschieden zu einem realen Spektrum eines Windparks, wie aus den Messungen der BGR hervorgeht. Bei einem Windparkspektrum setzt sich der Schalldruckpuls aus der Grundfrequenz und weiteren 3 bis 4 Oberfrequenzen zusammen, wobei die höchste relevante Frequenz bei etwa 4 Hz liegt. Dagegen setzt sich im Szenario 1 der Puls aus einer Vielzahl von Frequenzen bis zu 16 Hz zusammen. Das bedeutet auch, dass die reine Wirkung auf die auf Wechsellldruck empfindsamen Rezeptoren nicht erkannt werden kann, da stets höhere Infraschallanteile (wie sie für das Windrad nicht typisch sind) vorhanden sind.

- (S.67) Tab.1: Für Szenario 1 wird Lz mit 107 dB angegeben. Legt man die Messungen der BGR für moderne Windparks zugrunde, muss man im Nahfeld von Windrädern (beispielsweise in 400 m Entfernung, wo sich in der Praxis bereits Häuser befinden) mit Schalldruckpegeln von deutlich mehr als 110 dB rechnen. (Laut BGR sind die Werte näher als 750 m mit Unsicherheiten behaftet, da sich hier das Schallfeld noch nicht gleichförmig eingestellt hat. Dies bedeutet aber, dass man in 400 m Entfernung je nach Messort mit weniger oder mehr als 110 dB rechnen muss.)

- (S.68) „... Stimulus 1 weist ein ähnliches Frequenzspektrum auf wie Windenergieanlagen, deren unterstes Frequenzband in Abhängigkeit der Rotordrehzahl ebenfalls um 1 Hz liegt“.. „deshalb wurde dort auf die Kompensation von Verzerrungsprodukten verzichtet“.. „ der Gegenschall konzentrierte sich auf Komponenten um 100 Hz“. Dies belegt, dass die Signalerzeugung für Szenario 1 unbrauchbar ist, es wurde eine Schallsituation erzeugt, die nicht der eines Windparks in Bezug auf den Frequenzbereich 0 bis 6 Hz entspricht.

3. Ergebnis

Die eingesetzte Signalerzeugungstechnik im Szenario 1 ist unzureichend, um die Luftdruckpulse von Windrädern (Grundfrequenz um 1 Hz je nach Umdrehungsgeschwindigkeit) realitätsnah nachzubilden. Dies wäre aber eine notwendige Voraussetzung dafür, um die Wirkungen auf die Probanden im Testraum zu ermitteln. Damit können aus den Ergebnissen zu Szenario 1 keine fundierten Rückschlüsse auf den Grad der gesundheitlichen Gefährdung infolge der Luftdruckpulse von Windrädern geschlossen werden, weder für einen kurzzeitigen noch für einen dauerhaften Einwirkungszeitraum.

- (1) Lars Ceranna et al; BGR Bundesamt für Boden und Rohstoffe; Projekte 2004-2016
https://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Erdbeben-Gefaehrdungsanalysen/Seismologie/Kernwaffenteststopp/Projekte/abgeschlossen/hufe_wka.html
In Verbindung mit den Publikationen in „Sound and Vibration“ 2016; Download unter <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0022460X16305612> und „Pure and Applied Geophysics“ 2010; Download unter <https://link.springer.com/article/10.1007/s00024-012-0573-6>
- (2) Rechengang: 100 dB in 700 m Entfernung, entsprechend 20,4 mg/cm²; Rotordurchmesser 80 m (sehr konservativ mit lediglich zylinderförmiger Abstrahlung); Kraft= Druck x Fläche= 20,4 mg/cm² x (40x40x3,14 m²) = 20,4 mg x 5,02 x10⁷ cm² = 102,4 mg x 10⁷ = 1024 kg (heutige Windparks mit Rotordurchmessern von 150 m sind leistungsstärker)
- (3) LUBW; „Tieffrequente Geräusche inkl. Infraschall von Windkraftanlagen und anderen Quellen“; Aktualisierung Nov. 2016
- (4) Umweltbundesamt; „Lärmwirkung von Infraschallimmissionen“ Texte 163/2020; September 2020
- (5) Dr. Wolfgang Hübner; „Gesundheitsgefährdung im Nahfeld von Windrädern“ 28.03.2020; als Download verfügbar unter <https://www.windwahn.com/wp-content/uploads/2020/04/200328-Gesundheitsgef%C3%A4hrdungRev.pdf>
- (6) Dr. Wolfgang Hübner; Präsentationsfolien ergänzend zu (5); als Download verfügbar unter <https://www.windwahn.com/wp-content/uploads/2020/08/200728-Wind-Präsentation-Fragen.pdf>