

An

Frau Dr. Susanne Koch, Charité-Universitätsmedizin Berlin, Klinik für Anästhesiologie
Herrn Dr. Stefan Holzheu, Wissenschaftlicher Mitarbeiter, BayCEER-EDV, Universität Bayreuth
Herrn Prof. Martin Hundhausen, Department Physik, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen

Windenergie und Infraschall: Gesundheitliche Beeinträchtigung

Sehr geehrte Frau Dr. Koch,
sehr geehrter Herr Dr. Holzheu,
sehr geehrter Prof. Hundhausen,

ich beziehe mich auf Ihre Publikation „Windenergieanlagen und Infraschall: Keine Evidenz für gesundheitliche Beeinträchtigung“ Dtsch Med Wochenschr 2022; 147:112-118 sowie auf die von Dr. Holzheu in der Homepage von BayCEER ausgeführten Erläuterungen zur angewandten Messtechnik und den verschiedenen messtechnischen Projekten.

Zu dem von Ihnen dargestellten Ergebnis stellen sich einige Fragen, wozu ich um Ihre Antwort bitte.

Vorab die Punkte zu welchen ich Einvernehmen zwischen uns einschätze:

- Windräder erzeugen neben Schall und niederfrequentem Infraschall prozessbedingte Luftdruckpulse im Takt der dreifachen Umdrehungsgeschwindigkeit des Rotors, somit im Sekundenmaßstab. Ob von diesen Luftdruckpulsen eine gesundheitliche Beeinträchtigung ausgehen kann hängt von der Höhe, der Dauer und auch der Form der auf den Menschen einwirkenden Pulse ab.
- Das Druck-Zeit-Signal ist für die Luftdruckpulse im Sekundenbereich geeignet, um die Wirkung auf den Menschen zu untersuchen. Denn der Mensch hat eine Vielzahl von auf Wecheldruck empfindlichen Rezeptoren zur Erfassung und Steuerung vielfältiger Funktionen. (Holzheu: „Menschliche Wahrnehmungsprozesse laufen im Sekundenmaßstab ab“; „Eine notwendige Voraussetzung für die Wahrnehmbarkeit muss sein, dass das Windrad das Drucksignal im Sekundenmaßstab deutlich verändert“).
- Die primäre Quelle für die Bildung dieser Luftdruckpulse besteht in dem getakteten Abbremsen des (im Idealfall) laminaren Luftstroms beim Passieren der Rotorblätter (mit Entzug der kinetischen Energie/Geschwindigkeitsreduzierung/Staudruckreduzierung) im Wechsel mit dem freieren Durchgang des Windstroms zwischen den Rotorblättern. Unter Zugrundelegung des Gesetzes von Betz liegt bei einer Windgeschwindigkeit von 50 Km/h und etwa 120 Pa Staudruck vor dem Rotor die mittlere Geschwindigkeit nach dem Rotor bei etwa 20 km/h und verursacht dort einen gemittelten Staudruck von etwa 20 Pa. In dem getakteten Strömungsfeld besteht somit das Potenzial für Staudruckdifferenzen von etwa 100 Pascal. Publierte Messungen im Windkanal bestätigen den gerichteten getakteten Nachlauf mit nahezu sinusförmigen Druckschwankungen in dem idealen Strömungsfeld. Computer-Simulationen des Strömungsfeldes einschlägiger Unternehmen (wie nvida und Rheologic) belegen das scheinwerferförmig gerichtete Strömungsbild im Nachlauf des Rotors, mit der zentralen Helix bestehend aus Druck- und Geschwindigkeitswechseln sowie den vom Flügelrand emittierten Wirbeln (analog zu Flugzeugen). Die Computer-Analysen dieser Unternehmen (die auch bei der Planung von Windparks eingeschaltet werden) zeigen, dass sich das helixförmig getaktete Strömungsfeld bis 1000 m und mehr erhält. Messungen im Fernfeld bestätigen die gerichtete

Ausbreitungscharakteristik des Nachlaufs der WKA mit deutlich geringerer Dämpfung/Abnahme als dies von Schall und niederfrequentem Schall bekannt ist. BGR kann mit seiner Messtechnik die Druckwechsel im Takt der Flügel noch in 20 km Entfernung nachweisen. Wie von dem strömungstechnisch vergleichbaren Prozess von Flugzeugen bekannt ist, entlädt das Strömungsfeld seine getaktete Energie beim erstmaligen Bodenkontakt über eine kräftige Wechselwirkung, dadurch breiten sich dann die Druckänderungen auch seitlich aus.

- Den Planern von Anlagen ist die strömungsmechanische Problematik des Nachlaufes einer Windkraftanlage bekannt. Bei Anlagen heutiger Größe (180 m Rotordurchmesser) halten Sie deshalb einen Abstand von 900 m (5-facher Rotordurchmesser) in Strömungsrichtung zur nachfolgenden Anlage, um Ermüdungsbrüche durch die getaktete Anregung aus dem Nachlauf zu vermeiden aber auch aus energetischen Gründen. Laut DIBt-Richtlinie sind die mechanischen Design-Lasten aus diesem getakteten Druckfeld bis in eine Entfernung entsprechend dem 8-fachen Rotordurchmesser (bei 180 m Durchmesser =1440 m) zu berücksichtigen.
- Der Mensch kann die Wahrnehmung von Druckänderungen im Sekundenmaßstab sehr genau von einer beliebig starken Schallkulisse trennen, denn er hat separate Rezeptoren für die Registrierung von Schall einerseits und andererseits für Druckänderungen im Sekundenmaßstab. Das kann jeder selbst überprüfen: Die Druckänderung bei Auflage eines Papierblättchens auf der Hand registriert unser Tastsinn über seine wechselladungsempfindlichen Rezeptoren egal wie laut es in der Umgebung ist. Dabei spielt es auch keine Rolle, dass zur gleichen Zeit im Herz Druckwechsel in der Höhe von 16.000 Pa stattfinden, denn unser Nervensystem kann diese Ereignisse scharf trennen. Physikalisch besteht zwar wenig Unterschied zwischen hörbarem Schall und Druckänderungen im Sekundenmaßstab, aus dem Blickwinkel von Mensch und Tier handelt es sich jedoch um völlig getrennte Vorgänge wegen den getrennten Wirkungspfaden. Wenn ich Sie im Takt von einer Sekunde berühre, werden Sie das nicht als Infraschall bezeichnen.
- An die Messtechnik ist die Forderung zu stellen, dass sie Luftdruckschwankungen im Sekundenmaßstab im Druck-Zeit-Verlauf erfassen kann und insbesondere von den starken Windgeräuschen bei hoher Anlagenleistung trennen kann, wie dies der menschliche Körper kann.

Erklärungsbedürftig zu Ihrer Arbeit ist die Höhe und Wirkung dieser Luftdruckpulse auf den Menschen:

- Die von Ihnen genutzten Messungen ergaben in 300 m Entfernung vom Windrad Druckwechsel von 0,1 Pascal (rund 60 dB bei einer Frequenz von 1-5 Hz). Sie vergleichen das mit der deutlich größeren Druckänderung, welche ein Kind auf der Schaukel mit 12 Pa/m erfährt, oder dem Öffnen Ihrer Flurtür mit plus/minus 5 Pascal und schließen deshalb eine gesundheitliche Gefährdung durch diese Druckwechsel aus. Demgegenüber stehen die Tatsachen, dass der Fledermaus in Ihrem Flur vom Öffnen Ihrer Flurtür nicht die Lunge kollabieren kann (wie dies im Nahfeld des Rotors geschieht) und dass die Planer von WKA derart geringe Druckänderungen nicht als Auslegungslasten im Nachlauf berücksichtigen würden. Bildlich gesprochen: Wenn Sie neben einer WKA auf Ihrem Trampolin-Pulserzeuger beliebig fest springen, erzeugt das keine Ermüdungsbrüche am Windrad. Allerdings könnte ein trampolinähnlicher Luftdruckpulserzeuger ein besser geeignetes Gerät sein, als das in der UBA-Studie verwendete, um in einem Schlaflabor die Ansprechschwelle im Sekundentakt bei Testpersonen im Rahmen einer Studie genauer zu ermitteln.
- Die von Ihnen zugrunde gelegte Wirkungsschwelle auf den Menschen mit etwa 130 dB = 63 Pascal ist viel zu hoch, das können Sie selbst an Ihrem Körper testen. Mit der spürbaren

Auflage eines Papierblättchens mit 1 cm^2 auf der unbehaarten Handfläche erzeugen Sie lokal eine einmalige Druckänderung von 0,8 Pascal und um eine Druckänderung von 63 Pascal zu erzeugen, müssen Sie einen Stapel von 78 Papierblättchen auflegen, das spüren Sie doch zweifelsfrei. (Hinweis: Im Bereich der Hornhaut der Handfläche gibt es keine Rezeptoren/ Haarverstärker an der Oberfläche. Die drucksensitiven Rezeptoren liegen geschützt unter der Hornhautschicht.)

- Bei meiner Recherche in medizinischen Publikationen konnte ich keine genauere Antwort zur Wirkungsschwelle des Menschen auf Druckänderungen angegeben in Pa bekommen, als die 0,8 Pa aus dem einfachen Papierblättchen-Experiment. Laut meiner diesbezüglichen Nachfrage bei Prof. Grunwald/Haptiklabor/Leipzig ist die Empfindlichkeit auf Druckänderungen im behaarten Bereich sogar noch viel größer „fällt ein Fliegenflügel mit 0,075 mg auf die Gesichtshaut löst dies einen Berührungsreiz aus“. Wobei die verstärkende Wirkung der behaarten Bereiche durchaus zur Wahrnehmung von Luftdruckänderungen in Betracht zu ziehen ist, denn die Kleidung überträgt flächig Druckänderungen auf den Körper. Die Empfindlichkeit unseres Körpers auf Druckänderungen im Sekundenbereich ist offenbar noch deutlich stärker, als dies einer Gewichtsauflage eines Papierblättchens entsprechend 0,8 Pa entspricht. Medizinisch/Physikalische Experimente zu Luftdruckänderungen im Sekundenmaßstab sollten hierzu Klarheit verschaffen.

Zur Diskrepanz bei der Ermittlung der Höhen der Luftdruckpulse könnten folgende Ursachen verantwortlich sein:

- Ihre Messpunkte lagen nicht im Nachlauftrichter des Rotors ab Leistungsmaxima der Anlage mit etwa 50 km/h und bis zum Abschaltpunkt bei etwa 90 km/h bei verschiedenen Abständen und Randbedingungen der WKA, wie dies aus Sicht der Strömungsmechanik für die Höhe der Taktung im Nachlauf bestimmend ist.
- Aus dem starken Signalrauschen aufgrund der hohen Windgeräusche bei hoher Anlagenleistung konnten Sie messtechnisch nicht den Druck-Zeit-Verlauf in Pascal der Druckpulse im Sekundenbereich separieren.
- Sie haben nicht den Aufpunkt vermessen, wo das getaktete Strömungsfeld erstmalig den Boden berührt.

Fazit: In der Frage der möglichen Gesundheitlichen Beeinträchtigung durch Luftdruckpulse von Windkraftanlagen sind zu Ihrer Publikation folgende Punkte zu klären:

- **Die von Ihnen zugrunde gelegte Luftdruckpuls-Höhe von lediglich 0,1 Pascal.**
- **Die von Ihnen genutzte Wirkungsschwelle für den Menschen bei Luftdruckänderungen im Takt von etwa 1 sec in Höhe von 130 dB, entsprechend der am Körper erzeugten Druckänderung bei Auflage von einem Stapel mit 78 Blatt Papier.**

Ich bitte Sie um Ihre Stellungnahme.

Mit freundlichen Grüßen

Dr. Wolfgang Hübner