

Landrat Sievers, Ravensburg
Landrat Dr. Schmid, Biberach
Landrätin Bürkle, Sigmaringen

Bürgermeisterin Brauchle, Rot an der Rot
Bürgermeisterin Scherer, Bad Wurzach
Bürgermeisterin Schröter, Bad Saulgau
Bürgermeister Grabherr, Eberhardzell
Bürgermeister Henne, Bad Waldsee
Bürgermeister Henle, Leutkirch
Bürgermeister Kellenberger, Aitrach
Bürgermeister Krattenmacher, Kißlegg
Bürgermeister Lohmiller, Aichstetten
Bürgermeister Müller, Wolfegg
Bürgermeister Rapp, Ravensburg
Bürgermeister Zeidler, Biberach
Bürgermeister Deinet, Bad Schussenried
Bürgermeister Burth, Aulendorf
Bürgermeister Denzel, Ochsenhausen
Bürgermeister Diesch, Bad Buchau
Bürgermeister Dr. Ehm, Sigmaringen

Bürgermeister Kugler, Pfullendorf
Bürgermeister Smigoc, Vogt
Bürgermeisterin Brauchle, Wangen
Bürgermeister Binder, Baienfurt
Bürgermeister Magenreuter, Isny
Bürgermeister Schäfer, Bergatreute
Bürgermeisterin Rürup, Baintd
Bürgermeister Steiner, Wolpertswende/Mochenwangen
Bürgermeister Röger, Waldburg

Zur Info:

Herrn Soukup / EnBW
Herrn Neisecke / Landratsamt Ravensburg
Herrn Ewen / Energiedialog BW
Herrn Eulitz / Möhler u. Partner
Prof. Krahe / Uni Wuppertal
Herrn Haser / Landtagsabgeordneter CDU / Wangen
Frau Petra Krebs / Landtagsabgeordnete Grüne / Wangen
Minister Manfred Lucha / Grüne / Ravensburg
Herrn Schuler / Landtagsabgeordneter CDU / Ravensburg
Redaktion der „Schwäbischen Zeitung“/Leutkirch
Redaktion „Die Bildschirmzeitung“/Kreis Ravensburg

Fehlende Abstandsregelung zum Schutz der Anlieger vor den Luftdruckpulsen von Windrädern

Sehr geehrte Damen und Herren Landräte und Bürgermeister der Region Allgäu/Oberschwaben,

von Oben betrachtet zeichnet sich unsere hügelige Allgäuer Landschaft durch viele kleine Siedlungen mit einzelnen städtischen Ansammlungen aus, mit hohem landschaftlichem und touristischem Wert. Diese Landschaft steht nun nach den Vorgaben der Energiewende vor einer flächendeckenden Industrialisierung mit Windkraftanlagen.

Heutige Windkraftanlagen sind keine rotierenden Sonnenblumen, es sind industrielle Großanlagen mit 250 m Höhe. Sie stehen ohne Gebäudehülle in freier Natur, ihre Rotorblätter haben die zweifache Größe des Flügels eines Jumbo-Jets und bewegen sich am Blattende mit der Landegeschwindigkeit eines Jumbo-Jets. Wie in der Computersimulation ersichtlich, zerhacken diese gewaltigen Rotoren den Windstrom im Takt von etwa einer Sekunde in Luftdruckscheiben, die so stark sind, dass einer Fledermaus die Lunge zerstört wird, nähert sie sich diesem Luftdruckfeld. Da stellt sich die Frage nach der Höhe dieser Luftdruckpulse und deren mögliche Auswirkungen auf den Menschen und schließlich: Wie nah darf eine derartige Industrieanlage zur nächsten Wohnbebauung gestellt werden, damit die Bewohner keinen gesundheitlichen Schaden erleiden?

Ein Bundestagsabgeordneter der CDU wollte dazu Klarheit bekommen und stellte gezielt an das Bundeswirtschaftsministerium (BMW/Minister Habeck) die Frage nach der Höhe der von Windrädern emittierten Luftdruckpulse, um daraus die mögliche Wirkung auf den Menschen einschätzen zu können. In seiner Antwort wick das BMWi der konkreten Frage aus, indem es auf publizierte Emissionen von Windkraftanlagen im hörbaren und nicht hörbaren Schall verwies.

Bitte bilden Sie sich dazu Ihre eigene Meinung anhand der beigefügten Analyse zum Antwortschreiben des BMWi und zum Wesen dieser Luftdruckpulse, welche völlig anderen physikalischen Gesetzen gehorchen, als dies vom Schall und Infraschall bekannt ist. Zu dieser Analyse wiederum hat das BMWi mit Schreiben vom 03.02.2022 geantwortet, ohne auf die fachlichen Punkte einzugehen: **„Aus Sicht des BMWi gibt es derzeit keinerlei abschließende Hinweise, dass ein gewisser Abstand für den Schutz der Bürger vor Windrädern zwingend erforderlich wäre“**. Nachdenklich muss es machen, dass die im Verteiler aufgeförderten führenden Fachleute der Behörden, Gutachter und Institute zur zugesandten Analyse bisher keine Stellungnahme abgegeben haben, als hätten sich alle abgestimmt, auf die konkret gestellte Frage nach den Höhen der von Windrädern abgestrahlten Luftdruckpulse besser zu schweigen.

Die bayerischen Behörden sind offenbar mit der Problematik der Gesundheitsgefährdung im Nahfeld dieser Anlagen besser vertraut, indem Sie einen vorsorglichen Abstand zur Wohnbebauung von 2500 m für Anlagen heutiger Größe den betroffenen Gemeinden freistellen. Man darf gespannt sein, ob Ministerpräsident Söder

dem Druck von Bundesminister Habeck nachgibt, diese Abstandsempfehlung aufzugeben. Auch die Planer von Windparks wissen sehr wohl um diese kräftigen Luftdruckpulse und schützen ihre Räder untereinander mit einem Mindestabstand von 750 m, damit beim nachfolgenden Windrad die Rotorblätter keine Ermüdungsbrüche durch die Luftdruckpulse erleiden. In Baden-Württemberg konnte sich dagegen die CDU in den Koalitionsverhandlungen nicht mit der Forderung von 1000 m Abstand (wie auch von Altmeier gefordert) gegen den Grünen Koalitionspartner durchsetzen. Bei der anstehenden Industrialisierung unserer Region mit Windrädern ist damit jeder Abstand zur Wohnbebauung erlaubt, ohne Rücksicht auf die Gesundheit der dort lebenden Menschen, das muss jeder Bürger wissen!

Sehr geehrte Landräte/innen und Bürgermeister/innen,
in Ihrem Einflussbereich stehen jetzt Sie in der Verantwortung, den Gesundheitsschutz der Ihnen anvertrauten Bürger zu gewährleisten, indem Sie eine fachlich begründete Abstandsregelung für die geplanten Windkraftanlagen hin zur Wohnbebauung sowohl bei den Projektierern als auch der zuständigen Genehmigungsbehörde im Landratsamt einfordern.

Für Rückfragen stehe ich Ihnen gerne zur Verfügung.

Dr. Wolfgang Hübner

Anlage: Analyse zur BMWi-Aussage im Hinblick auf die von WKA abgestrahlten Luftdruckpulse

Mail vom 16.01.2022
Von
Dr. Wolfgang Hübner

**An das BMWi
z. Hdn. Frau Beate Buchcik**

Kopie an die Damen und Herren:

Micha Sygusch BMWi
Renate Werth BMWi
Jochen Zimmermann BMWi
Marvin Drogi BMWi
Lutz Meyer-Raschke BMWi

Rolf Brüggemann BMUV
Thomas Myck UBA
Jürgen Mayer LUBW
Johann Fichtner LfU BY

Büro Peter Altmaier (Auftraggebender Bundesminister der BGR-Messkampagne 2021)
Büro Robert Habeck (Bundesminister BMWi)
Büro Markus Söder (Bayerischer Ministerpräsident)

Prof. Detlef Krahe (wissenschaftlich Verantwortlicher der zitierten UBA-Studie)
Christian Eulitz (messtechnisch Verantwortlicher der zitierten UBA-Studie)
Dr. Lars Ceranna (Projektleiter der BGR-Messkampagne 2021)
Prof. Theodoros Triantafyllidis (Projektkoordinator der TremAc-Studie)

Sehr geehrte Frau Buchcik,

auf die Anfrage eines Abgeordneten hinsichtlich der zu erwartenden Höhen der von Windrädern abgestrahlten Luftdruckpulse haben Sie im Auftrag des BMWi dem Abgeordneten geantwortet.

Beigefügt darf ich Ihnen meine Analyse zur Antwort des BMWi zur Verfügung stellen.

Die im Verteiler angesprochenen Fachleute bitte ich um fachliche Kommentierung zu den Ausführungen. Nur durch einen offenen fachlichen Diskurs, frei von politischen Vorgaben und ökonomischen Interessen, kann die Frage erforderlicher Abstände von Windkraftanlagen zum Gesundheitsschutz der Menschen geklärt werden.

Die Politik konnte zur kontrovers diskutierten Abstands-Frage bisher kein Einvernehmen herstellen.

Mit freundlichen Grüßen
Dr. Wolfgang Hübner

Anlage zu diesem Schreiben wie folgt

auf die Anfrage eines Abgeordneten, der im Kern folgende Frage stellte:

„Mit welchen Luftdruckpulshöhen im Druck-Zeitverlauf (angegeben in Pascal) muss bei heutigen Windparks insbesondere bei maximaler Leistung der Anlage und Anströmlage in Windrichtung je nach Entfernung gerechnet werden“

haben Sie in Vertretung für das BMWi gemäß anliegendem Schreiben geantwortet.

Ihre Antwort weicht jedoch der konkreten Frage zur Höhe der Luftdruckpulse mit ihren möglichen gesundheitlichen Wirkungen auf den Menschen aus, indem Sie eine Stellungnahme zu dem von Windkraftanlagen (WKA) abgestrahlten Schall/Infraschall geben.

Hierzu wie folgt die Begründung:

Kurzfassung:

- *Auf die konkrete Frage nach der von WKA abgestrahlten Höhe der Luftdruckpulse (angegeben als Druck-Zeitverlauf in Pascal) hat das BMWi keine Antwort gegeben. Stattdessen erfolgte eine Stellungnahme zu dem von WKA abgegebenem Schall/Infraschall und dessen Wirkung.*
- *Nur anhand der Höhe der Luftdruckpulse (in Pascal) lässt sich die Wirkung auf die auf Wechseldruck empfindsamen Rezeptoren des Menschen beurteilen und somit abschätzen, ob eine gesundheitsschädigende Wirkung infolge der Pulseinwirkung möglich ist.*
- *Denn der Mensch hat eine Vielzahl Wechseldruck-empfindsamer Rezeptoren über den ganzen Körper verteilt, welche völlig separat von den für Schall/Infraschall zuständigen Rezeptoren (vorrangig dem Hörorgan) ab einer bestimmten Druckhöhe ansprechen und somit nervliche Reaktionen auslösen.*
- *Die von WKA abgestrahlten Luftdruckpulse können fachlich nicht mit den Messtechniken/Beurteilungsmethoden der Schallphysik (insbes. TA Lärm mit zugehörigen Normen) behandelt werden, sondern mit den Werkzeugen der Rheologie. Eine Beurteilung der Luftdruckpulse mittels einer in der Schallphysik üblichen Terzbandanalyse ist somit nicht korrekt. Denn Luftdruckpulse haben wenig mit der Schallwellenphysik zu tun, sie breiten sich vergleichbar einem Scheinwerfer gerichtet mit dem Wind aus, wogegen tieffrequenter Schall/Infraschall ein kugelförmiges Ausbreitungsmuster mit Schallgeschwindigkeit hat.*
- *Die sehr vereinfachte mobile Messtechnik der BGR, wie in der Messkampagne 2021 verwendet, ist offenbar im Signaleinlassbereich nicht in der Lage, das starke Rauschen von den Luftdruckpulsen abzutrennen (so wie das unser Körper wegen den getrennten Detektionsorganen für Druckänderungen und Schall sehr wohl kann). Damit kommt besonders bei maximaler Anlagenleistung (mit dann maximalen Windgeräuschen) an der Druckmessdose ein Signalgemisch aus Windrauschen und Luftdruckpulsen an, welches messtechnisch nicht mehr im Druck-Zeitverlauf aufgetrennt werden kann. Die fix installierten Arrays an den Standorten der BGR sind dagegen nachweislich in der Lage, diese Trennung vorzunehmen. Damit sind die vereinfachten Messungen der BGR aus 2021 nicht geeignet, eine mögliche gesundheitsschädigende Auswirkung infolge der Luftdruckpulse zu beurteilen, wie dies BGR auch zu den Ergebnissen selbst feststellt.*
- *BGR hat jahrelange Erfahrungen mit permanenten Messungen von den bei Bombenversuchen freigesetzten Luftdruckpulsen und verwendet zur Unterdrückung der Umgebungsgeräusche dazu eine peilende Array-Messtechnik mit einem großflächig ausgelegten Luftdruck-Einlasssystem, insbesondere am Teststandort IGADÉ. Im 7 km Umkreis von IGADÉ befinden sich mehrere Windparks mit etwa 65 WKA. BGR registriert somit permanent die Drucksignale auch von diesen Anlagen bei allen möglichen Betriebsbedingungen. Aus der Höhe der Drucksignale zieht BGR Rückschlüsse auf die Höhe und den Ort einer Bombendetonation. BGR muss deshalb sicherstellen, dass die von Windparks emittierten Drucksignale nicht die Druckpulse aus den Bombenversuchen überdecken und fordert deshalb einen Abstand zu ihrer fest installierten Messeinrichtung zum nächsten Windpark von etwa 20 km. Somit*

muss unterstellt werden, dass die dem BMWi unterstellte BGR die Antwort zur präzise gestellten Frage geben kann (aber nicht gegeben hat).

- Im Zuge der Genehmigung von Windkraftanlagen wird die Größe der von WKA abgestrahlten Luftdruckpulse weder messtechnisch korrekt ermittelt noch einer Bewertung im Hinblick auf die gesundheitliche Wirkung auf den Menschen unterzogen. Die Klärung dieses Defizits bedarf entsprechender physikalischer/medizinischer Studien, woraus Abstandsempfehlungen beim Bau von WKA resultieren. Bis zur Klärung bedarf es der Festlegung eines vorsorglich gewählten Sicherheitsabstandes zwischen WKA und Wohnbebauung. Ob die bayerische 10 H-Regelung dies erfüllt, werden die Ergebnisse zeigen.

1. Entstehungsmechanismus der Luftdruckpulse

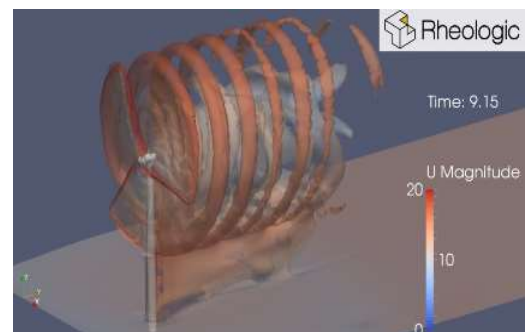
Windkraftanlagen (WKA) emittieren Schall, Infraschall und **Luftdruckpulse**. Die gestellte Frage des Abgeordneten richtet sich allein auf die abgestrahlten Luftdruckpulse. Die Frage wie der emittierte Schall und Infraschall gemessen und bewertet wird, war nicht gestellt und bleibt deshalb nachfolgend unbehandelt.

Die WKA erntet ihre Energie aus dem Abbremsmechanismus des Windes im Takt der Flügel. Dadurch entstehen Luftdruckpulse (oder auch Wirbelfelder genannt) welche sich bevorzugt mit dem Wind gerichtet ausbreiten.

Laut TremAc (b) handelt es sich um „**Impulsartige Druckstörungen**, gerichtet abgestrahlt in Rotorebene, bevorzugt mit dem Wind“; „Windabwärts entsteht somit nach dem Rotor ein zylinderförmiges Strömungsfeld mit reduzierter Geschwindigkeit und mit Druck- und Geschwindigkeitsfluktuationen“. Im Gegensatz zum kugelförmigen Ausbreitungs-Charakter von tieffrequentem Schall breiten sich diese Druckstörungen wie von einem Scheinwerfer gerichtet und senkrecht zur Rotorebene aus und folgen deshalb einem völlig anderen Abstandsgesetz als von tieffrequentem Schall/Infraschall bekannt. Aufgrund der geringeren Abnahme des gerichteten Druckfeldes mit der Entfernung wirken diese Druckstörungen auch noch in großer Entfernung. TremAc prognostiziert in einem Rechenmodell am Übergabezylinder eine Druckpulshöhe von 93 dB (=0,9 Pascal).

Laut BGR (a): „Das Drucksignal wird gemeinhin als Überlagerung einzelner Sinusschwingungen bei den Frequenzen der Flügelharmonischen verstanden. Als angemessene Beschreibung erscheint jedoch der **kurzzeitige N-förmige Impuls**“. Weiterhin sagt BGR, dass die Höhe dieser Druckpulse deutlich zunimmt mit der Größe der Anlagen, mit der Windgeschwindigkeit und dass diese auffällig hoch sind bei modernen Flügel-verstellbaren WKA (weil dann die Flügel strömungstechnisch nicht mehr optimiert sind).

Bei den Luftdruckpulsen der WKA handelt es sich um einen Vorgang der **Rheologie** (Fließkunde) und nicht der klassischen Schallphysik. Die Computer-Simulation von Rheologic (d) zeigt anschaulich den Entstehungsmechanismus des im Takt der Flügel erzeugten Luftdruckfeldes. Der ursprünglich gleichförmige Windstrom wird durch die Flügel in Luftdruckscheiben „zerhackt“. Dieses inhomogene Luftdruckfeld breitet sich bevorzugt mit dem Wind (mit Windgeschwindigkeit und nicht mit Schallgeschwindigkeit) aus.



Tieffrequenter Schall (oder Infraschall) würde sich dagegen kugelförmig nach allen Richtungen und mit Schallgeschwindigkeit ausbreiten. Diese Luftdruckpulse mit den Werkzeugen der Schallphysik (Messtechnik und Bewertung nach TA Lärm) zu behandeln, wie in der BMWi-Antwort geschehen, ist somit falsch.

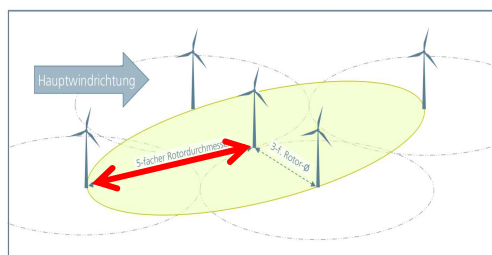
Die Simulation zeigt auch, dass der Durchgang der Flügel am Turm nicht der dominante Druckpuls erzeuger ist, sondern der gesamte fluiddynamische Prozess infolge des Umlenk- und Abbremsmechanismus der einzelnen Rotorblätter. Bei einer kräftigen Windgeschwindigkeit von 15 m/sec (54 km/h) beträgt der Staudruck vor dem Windrad etwa 130 Pascal. Bei maximal verstellten Flügeln beträgt dann die mittlere Windgeschwindigkeit nach dem Windrad nur noch etwa 40% = 6 m/sec (22 km/h) entsprechend einem Staudruck von etwa 20 Pascal. Allein die Differenz zwischen 130 Pascal zu 20 Pascal deutet darauf hin, dass in dem inhomogenen getakteten Luftdruckfeld Differenzen im Bereich von mehreren Pascal herrschen können. Fliegt eine Fledermaus durch dieses Luftdruckfeld, wird deshalb ihre Lunge zerstört. Eine WKA ist somit ein recht kräftiger Erzeuger von

Luftdruckpulsen, die Erzeugung von Lärm und Infraschall ist im Vergleich dazu untergeordnet im Hinblick auf die Wirkung auf den Menschen.

2. Schutzabstände in Windparks

Die Planer von Windparks wissen um diese Luftdruckpulse mit Ausbreitung bevorzugt in Windrichtung aber auch rückwärtig und seitwärts. Die Fachagentur Wind empfiehlt deshalb in Hauptwindrichtung einen Abstand zum nächsten Windrad von 5 mal Rotordurchmesser, das sind bei heutigen Anlagen mit 150 m Rotordurchmesser **750 m** (seitlich 3 mal Rotordurchmesser = 450 m). Dies geschieht nicht nur wegen der Optimierung der Windausbeute sondern auch, um Ermüdungsbrüche am nachfolgenden Windrad infolge der Pulse zu vermeiden. Die Planer von Windparks schützen somit ihre eigenen Anlagen mit einer Abstandsregel.

Dagegen konnte sich die Politik bisher auf keinen Schutzabstand für den Menschen einigen.



Anlagenanordnung innerhalb eines Modell-Windparks und die darin berücksichtigte Fläche; Grafik: FA Wind

3. Gemeinsamkeiten des WKA-Luftdruckfeldes mit den Schleppewirbeln von Flugzeugen

Windräder und Jumbo-Jets haben viele Gemeinsamkeiten, sie arbeiten nach vergleichbarem rheologischem Prozess: Die Flügel sind jeweils so geformt, dass sich an der angeströmten Unterseite ein Überdruck bildet, der das Flugzeug trägt bzw. das Windrad mit dieser Kraft in Drehbewegung versetzt. Auch die Maße und Geschwindigkeiten liegen von Jet und WKA im vergleichbaren Bereich: Der Flügel der WKA ist etwa zweimal so groß wie der eines Jets und am Rand bewegt sich der Flügel der WKA mit etwa 300 km/h, entsprechend der Landegeschwindigkeit des Jets. Erfahrungen aus der Luftfahrt sind somit weitgehend übertragbar. Der einzige Unterschied: Beim Windrad rotiert der Flügel, beim Jet bewegt er sich linear. Das bedeutet lediglich, dass eine andere Geometrie von Luftdruckfeld erzeugt wird.

Quelle: Vattenfall



Quelle: Spektrum der Wissenschaft



Die Erfahrungen mit einigen tödlichen Abstürzen von Flugzeugen, welche in das Schleppewirbelfeld eines voranfliegenden Flugzeuges kamen, veranlasste die Flugsicherung zu streng kontrollierten Abstandsregeln und Ausweichregeln vor diesen Schleppewirbeln. Ein Kleinflugzeug muss beispielsweise mehr als 10 km Abstand hinter einem vorausfliegenden Jet einhalten. Das sehr starke Wirbelfeld kann sich über mehrere Minuten halten und wird erst dann langsam egalisiert, wenn es den Boden berührt. Die Begrenzung der Kapazität einer Landebahn wird durch diese Abstandsregeln bestimmt.

Niemand in der Luftfahrt käme auf die Idee, die Stärke dieser Luftdruck-Felder nach TA Lärm zu ermitteln und zu bewerten, sicherlich nicht über eine Terzband-Messung. Die Pulse rütteln mit so hohen Kräften an den Flügeln, dass die nachfolgende tonnenschwere Maschine seitlich gedreht wird, falls sie mit einem Flügel in das Druckfeld des Vordermanns kommt.

In (e) ist allgemein verständlich dieses in der Luftfahrtsicherheit sehr wohl bekannte Phänomen erläutert, daraus in Kürze:

- Die Wirbelschleppenfelder sind ein chaotisches System mit „Zufallscharakter“ bestehend aus kräftigen Druckfeldern und können nicht rechnerisch prognostiziert werden.
- Der mögliche Transport und der Zerfall dieser Wirbelfelder wird maßgeblich durch atmosphärische Randbedingungen bestimmt. Der gerichtete Transport kann über weite Strecken erfolgen.

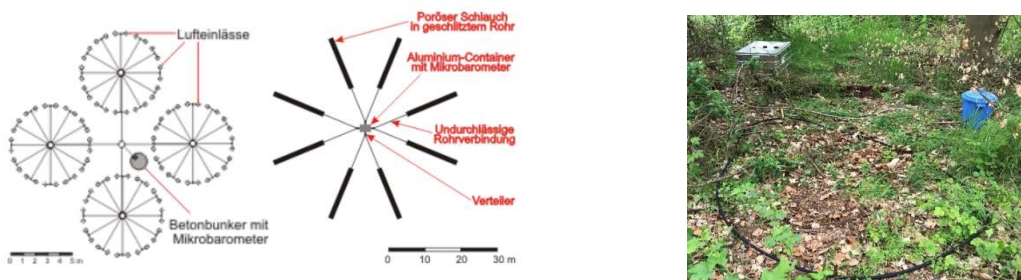
- Die Gefährdung von Personen und Objekten ist dann besonders hoch, wenn der Wirbel erstmalig den Boden berührt, dann entladen sich die Druckfelder auch nach beiden Seiten.

Allein aus diesen Gemeinsamkeiten der Rheologie von Windradflügel und Jet-Flügel wird deutlich, dass die von Windrädern abgestrahlten Luftdruckfelder nicht nach gültigen Standards der Schall-Physik beurteilt werden können, so wie dies im Genehmigungsverfahren von WKA geschieht. Die Genehmigungsverfahren von WKA gewährleisten somit nicht den Gesundheitsschutz der Bürger vor diesen Druckfeldern.

4. Messtechnik zum Erfassen dieser Luftdruckpulse

Das Ausmessen des von der WKA erzeugten sehr inhomogenen Luftdruckfeldes setzt eine aufwändige Messtechnik voraus, welche sicherlich nicht routinemäßig einsetzbar ist. Denn die recht kräftigen Luftdruckpulse werden gerade dann, wenn sie maximale Stärke haben (bei maximaler Anlagenleistung und Starkwind), durch starke Windgeräusche überlagert. Das übliche Messmikrofon oder eine Druckmessdose bekommen dann ein Signalgemisch, welches schwer trennbar ist (die Fourieranalyse/Frequenzanalyse kann zwar die Signale messtechnisch trennen aber kann nicht den erforderlichen Druck-Zeit-Verlauf liefern). Wie in Punkt 6 gezeigt, ist unser Körper dagegen sehr wohl in der Lage, kleinste Druckänderungen selbst in extrem starker Lärmumgebung zu trennen, sonst könnten wir uns in einer lärmgefüllten Umgebung nicht sicher bewegen. Deshalb ist an die Messtechnik die Anforderung zu stellen, dass diese genauso wie unser Körper die Drucksignale von Störgeräuschen (vorwiegend durch den starken Wind erzeugt) trennen kann. In Deutschland ist messtechnisch dazu vermutlich nur BGR in der Lage und deshalb muss die anfangs gestellte Frage zur Höhe dieser Luftdruckpulse von den Fachverantwortlichen der BGR persönlich beantwortet werden.

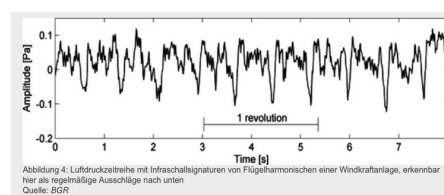
Laut der dem Abgeordneten gegebenen Antwort konnte BGR offenbar im Zuge der Messkampagne 2021 die Luftdruckpulse nicht vom Rauschen trennen und so hat BGR auch keine Angabe zur maximalen Höhe dieser Pulse im Druck-Zeit-Verlauf gemacht. Dafür verantwortlich ist wahrscheinlich der zur Messkampagne genutzte vereinfachte mobile Messaufbau, wie der Vergleich zu den fest installierten Messnetzen an den Standorten der BGR zeigt.



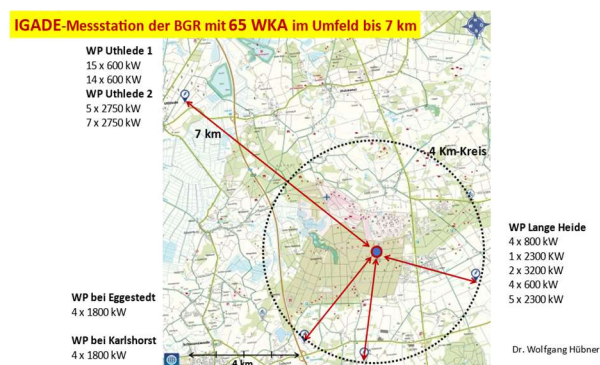
Im linken Bild die an den festen Standorten der BGR eingesetzte Array-Technik: Dem Mikrobarometer werden die Luftdruckänderungen über ein viele Meter weit ausgelegtes „Spinnennetz“ mit Röhren bzw. perforierten Schläuchen zugeführt. Eine einzelne Spinne breitet sich über einen Radius von 30 m aus, die einzelnen Spinnen sind über hunderte von Metern installiert. Über dieses breit ausgelegte Druck-Einlass-System mitteln sich die lokal und stochastisch aufgenommenen Windgeräusche aus. Übrig bleibt der Luftdruckpuls der WKA (oder der Bombe) der ja an allen Einlässen des Rohrsystems eintritt.

Im rechten Bild die nicht vergleichbare Technik aus 2021: Ein einzelner ringförmig ausgelegter und perforierter Schlauch dient als Einlasssystem und deshalb vermag die Druckmessdose nicht die dominierenden Grundgeräusche vom Luftdruckpuls der WKA trennen.

Allerdings hat BGR mit früheren Messungen an einer kleinen WKA mit 200 kW gezeigt, dass sie mit ihrer Array-Messtechnik an den festen Standorten sehr wohl die Luftdruckpulse im gewünschten Druck-Zeit-Verlauf trennen kann.

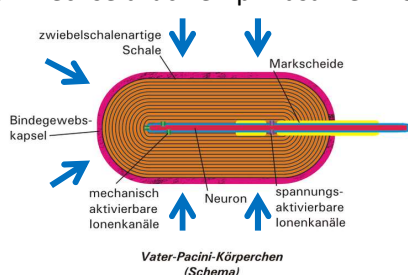


Weiterhin führt BGR permanente Messungen seit vielen Jahren am Teststandort IGADe mit einem fest installierten Array durch. Im Umkreis von 7 km befinden sich dort 65 WKA. Das Array kann wie eine Peilantenne trennen, von welchem Windpark das Signal kommt. Weiterhin verfügt BGR über die erforderlichen Ausbreitungsrechnungen, um Signale entfernungsabhängig zurückzurechnen. **Damit muss unterstellt werden, dass BGR sehr wohl zur möglichen Höhe der Luftdruckpulse von Windparks im Druck-Zeit-Verlauf Erfahrungen gesammelt hat.**



5. Wahrnehmung von Druckänderungen durch den Menschen

Unser Körper verfügt über etwa 500.000 Rezeptoren, welche auf Druck und Temperatur empfindsam sind, sie sind Teil unseres komplexen Mess- und Regelsystems, um die vielfältigen Funktionen unseres Körpers zu steuern. Unter den auf Druck empfindlichen Sensoren gibt es verschiedene Arten, welche z.B. auf absoluten Druck oder auf Wechseldruck ansprechen. Am Beispiel der Vater-Pacini-Körperchen soll das Funktionsprinzip von auf Wechseldruck empfindsamen Rezeptoren erläutert werden:



Elektrischer Puls

wird über Nervenbahnen

Vater-Pacini-Körperchen gleichen einem mit Flüssigkeit gefülltem Ballon mit mechanisch aktivierbaren Ionenkanälen, in welchen Druckänderungen in Spannungsänderungen umgewandelt werden. Die elektrischen Pulse gelangen über die Nervenbahnen zum Gehirn und werden dort verarbeitet. Die Funktion dieses Körperchens gleicht dem Mechanismus der Druckmessdose, wie von BGR eingesetzt: Eine mechanische Verformung eines Körpers infolge eines angewandten Druckes wird in ein elektrisches Signal umgewandelt.

Unser Tastsinn ist mit einer Vielzahl von auf Druck und Wechseldruck empfindsamen Rezeptoren ausgestattet. Das Experiment mit dem Papierblättchen dient als eine grobe Näherung, um die Empfindlichkeitsschwelle des Tastsinnes auf einfache Weise zu erkunden. Im Bereich der Handfläche hat unser Körper keine Haare, welche aufgrund ihrer Hebelwirkung als Signalverstärker wirken. Unter der als Verschleißschicht angeordneten Hornhaut befinden sich eine Vielzahl von auf Wechseldruck empfindsamen Sensoren. Setzt man aus geringer Höhe ein Papierblättchen aus üblichem Kopierpapier auf der Handfläche ab, so ist die dadurch erzeugte einmalige Druckänderung deutlich wahrnehmbar. Die Rezeptoren können nicht unterscheiden „wer oben

gedrückt hat“, war es das Gewicht eines Papierblättchens oder war es die Druckänderung in der Luft. Kennt man die Druckänderung in der Luft, so lässt sich diese in ein entsprechendes Flächengewicht umrechnen.



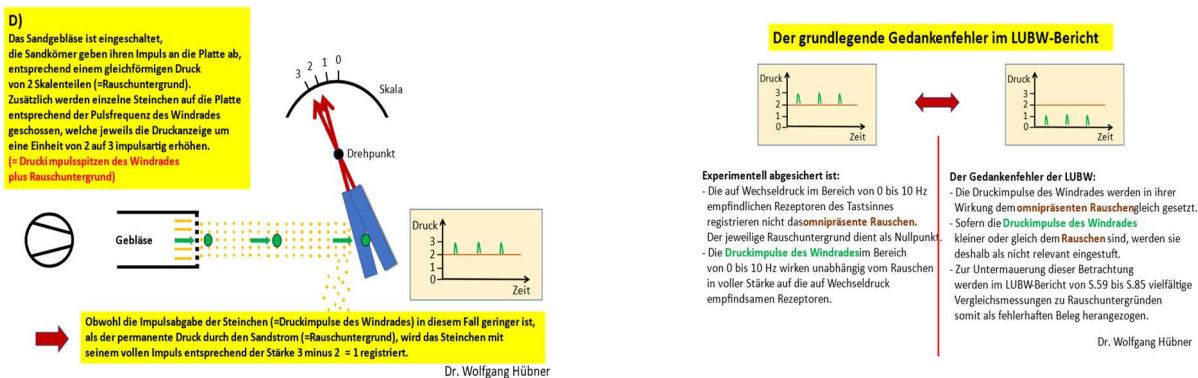
Das Experiment mit dem Papierblättchen ersetzt keine wissenschaftliche Untersuchung, ab welcher Druckänderung unser Körper diese wahrnimmt. Es ist eine erste grobe Annäherung zur Wirkungsschwelle von Wechseldruck auf den menschlichen Körper. Offen bleibt die Grenzempfindlichkeit, welche wie beim Schall auch zwischen den Menschen eine große Schwankungsbreite aufweisen wird. Dabei wird auch eine Rolle spielen,

dass die Ansprechschwelle in Ruhezeiten der Nacht möglicherweise viel empfindlicher ist. Auch die Periodizität des Vorgangs kann eine zusätzliche Absenkung der Wahrnehmungsschwelle verursachen. All diese Unbekannten gehen jedoch in die Richtung, dass die Wahrnehmungsschwelle des Menschen deutlich geringer als bei 0,8 Pascal ist, wie mit dem Papierblättchen ermittelt. Offen bleibt auch, ob die Rezeptoren des Tastsinnes im Bereich der Handflächen diejenigen mit der höchsten Empfindlichkeit sind, im Vergleich zu den vielen an anderen Stellen arbeitenden Sensoren. Insofern **lässt sich konservativ die Aussage treffen, dass der menschliche Körper mit Sicherheit Druckänderungen von deutlich weniger als 0,8 Pascal registriert**. Offen bleibt auch die Frage, in welcher Form unser Nervensystem diese periodischen Signale verarbeitet, die es abgesehen vom Herzschlag in der Natur nicht gibt.

Damit stellt sich die Frage, ob die von WKA abgestrahlten Luftdruckpulse eine Größenordnung von 0,8 Pascal erreichen, so dass mit einer Anregung der auf Wecheldruck empfindsamen Rezeptoren unseres Körpers zu rechnen ist.

6. Getrennte Erfassung von Lärm und Luftdruckänderungen durch unseren Körper

Wie in (a) ausführlicher dargestellt, ist unser Körper in der Lage die durch Druckänderungen an den Rezeptoren ausgelösten Reize getrennt von Schall/Infraschall zu erfassen. Das Experiment mit der Teilchen-Impuls-Wage erklärt diesen Sachverhalt sehr einfach. Damit wird auch verständlich, warum Vergleiche der Höhe der Luftdruckpulse mit anderen Schallquellen, wie dies beispielsweise von LUBW und anderen Messinstituten gemacht wird, falsch sind.



7. Höhe und Wirkung der Luftdruckpulse

Wie in (a) ausgeführt, muss im Umfeld von WKA mit Luftdruckpulshöhen von **mehr als 2 Pascal** gerechnet werden. Diese Aussage stützt sich auf die rechnerische Prognose in der TremAc-Studie, die Daten der BGR zu einer 200 kW-Anlage und auf das Potenzial der WKA zur Druckerzeugung zwischen dem Staudruck vor dem Windrad (130 Pascal) und nach dem Windrad (20 Pascal). Um die tödliche Wirkung der Druckpulse auf Fledermäuse zu erklären, bedarf es sogar noch deutlich höherer Druckschwankungen als 2 Pascal. Aufgrund der gerichteten Ausbreitungscharakteristik nehmen diese am Ort des Windrades erzeugten Druckschwankungen über große Entfernungen nur sehr langsam ab.

In der **schalltechnisch begründeten Ausführung des BMWi** werden dagegen 2 Milli-Pascal = **0,002 Pascal** als zu erwartende Druckänderung durch die WKA mit den Flügeldimensionen (und Geschwindigkeiten am Rotorende) eines Jumbo-Jets genannt. Zur Veranschaulichung: Um eine Druckänderung von 0,002 Pascal auf unserer Handfläche mit einem Papierblättchen zu erzeugen, darf das Papier nur eine Dicke von 0,0025 der Dicke von üblichem Kopierpapier haben, das wäre ein „Hauch von Papier“. Und so eine geringe Druckänderung könnte sicherlich der Fledermaus und dem Menschen nichts anhaben.

In (a) ist weiterhin ausgeführt, warum die im Genehmigungsverfahren genutzten Wirkungsschwellen nur ihre Gültigkeit im Bereich der Schallphysik (hörbarer Schall und tieffrequenter nicht hörbarer Schall = Infraschall) hat, keinesfalls aber als Wirkungsschwelle für Luftdruckpulse verwendet werden darf.

In (c) ist ausgeführt, warum die im Auftrag des UBA durchgeführten Laborversuche mit Probanden (dort als Szenario 1 beschrieben) nicht geeignet waren, um die von WKA abgestrahlten Luftdruckpulse zu simulieren. Damit war diese Studie ungeeignet, um die Frage der Wirkung von Luftdruckpulsen auf den Menschen im Hinblick auf deren gesundheits-schädigende Wirkung zu beurteilen.

Vor diesem Hintergrund ist in Verbindung mit dem für jedermann nachvollziehbaren Tastsinn-Experiment mit einem Papierblättchen zu unterstellen, dass Windräder heutiger Größe in der Lage sind, unsere auf Wechsel-druck empfindsamen Rezeptoren anzuregen, mit gesundheitsschädigender Wirkung.

Stellvertretend für die vielen publizierten Berichte von betroffenen Anliegern wird in (f) die schädigende Wirkung dieser Luftdruckpulse sehr anschaulich erklärt: Das Nervensystem erfährt eine uns von Natur her nicht bekannte getaktete Anregung (allenfalls von Foltermethoden bekannt), mit Symptomen wie Schlaflosigkeit, innere Unruhe und Konzentrationsschwäche.

Dr. Wolfgang Hübner

Download-Links zu den zitierten Unterlagen:

(a) "Luftdruckpulse von Windkraftanlagen und deren Auswirkung auf den Menschen"

als Download unter:

<https://www.xn--landschaftsschtzer-z6b.de/wp-content/uploads/2022/01/211016LufdruckpulseVonWKA.pdf>

(b) "Analyse der TremAc-Studie im Hinblick auf die Frage der Gesundheitsgefährdung im Nahfeld von Windrädern" als

Download unter:

<https://www.xn--landschaftsschtzer-z6b.de/wp-content/uploads/2020/12/201208-TremAc-Kritik.pdf>

(c) "Analyse der UBA-Studie "Lärmwirkungen von Infraschallimmissionen" im Hinblick auf die Gesundheitsgefährdung durch Druckpulse..." als Download unter:

<https://www.xn--landschaftsschtzer-z6b.de/wp-content/uploads/2020/11/200920-UBA-Druckpulse.pdf>

(d) Rheologic: Simulation des Luftdruckfeldes einer 2,3 MW Windkraftanlage. Als Download unter:

<https://www.youtube.com/watch?v=JpV9rfXorD8>

(e) DLR: „Allgemeinverständliche Beschreibung des Phänomens Wirbelschleppen hinter Verkehrsflugzeugen“.

Als Download unter:

https://www.dlr.de/dlr/presse/Portaldata/1/Resources/documents/2013/Wirbelschleppen_-_eine_Einfuehrung.pdf

(f) Typischer Bericht eines im Abstand von 400 m zum Windrad betroffenen Anliegers

<https://www.youtube.com/watch?v=sD1AgMq97oE>

*Antwort des BMWI vom 29.12.2021 auf Anfrage eines Bundestags-Abgeordneten,
der im Kern folgende Frage stellte:*

„Mit welchen Luftdruckpulshöhen im Druck-Zeitverlauf (angegeben in Pascal) muss bei heutigen Windparks insbesondere bei maximaler Leistung der Anlage und Anströmlage in Windrichtung je nach Entfernung gerechnet werden“

Sehr geehrter Herr Abgeordneter,

das Ministerium für Wirtschaft und Klimaschutz hat für die Beantwortung Ihrer Nachfrage Kontakt zur Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) aufgenommen und die mit den erwähnten Messungen vertrauten Expertinnen und Experten um eine Rückmeldung gebeten.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass der BGR eine Angabe zu den Amplituden der Signalspitzen, die als Druckimpuls beim Passieren der Flügel am Turm entstehen, nicht möglich ist. Da die Messungen an zwei Windparks in ihrer Gesamtheit durchgeführt wurden, können die Drucksignale jeder einzelnen Windenergieanlage (WEA) nicht separat zugeordnet werden. Die einzelnen Signale überlagern sich und werden in den Messaufzeichnungen als fortlaufendes Rauschen erfasst. Aus diesem Grund werden in der Akustik auch die Schalldruckpegel als Summe aller Pegelwerte in festgelegten Frequenzbändern betrachtet, um als Maximalwerte für unterschiedliche Frequenzen den Einfluss auf den Menschen anzugeben.

Am Beispiel der Untersuchungen in Gagel wird dies im Detail deutlich: Dort wurde ein Windpark modernsten Zuschnitts untersucht, in dem 16 WEA je 3 Megawatt elektrische Leistung erzeugen. Die Messungen wurden kontinuierlich über einen Zeitraum von knapp sieben Wochen durchgeführt. Der Infraschall wurde an insgesamt sieben Messstellen entlang eines Profils mit Abständen zwischen 500 und 3500 Metern zur nächstgelegenen WEA ermittelt. Die Untersuchungen der BGR zeigen, dass sehr deutlich zwischen Phasen geringer Windgeschwindigkeiten mit nahezu keiner Infraschall-Emission und solchen mit hohen Windgeschwindigkeiten bei maximaler Infraschall-Emission unterschieden werden kann. Aufgrund des sehr langen Messzeitraums sind diese Ergebnisse belastbar, da keine kurzzeitigen Einzelmessungen, sondern jeweils viele Messstunden den Betrachtungen zugrunde liegen.

Die Messungen in Gagel zeigen, dass die Schalldruckpegel für die beiden Infraschall-Emissionszustände (maximal und minimal in Abhängigkeit von der Windstärke) des Windparks zwischen 35 (Minimum) und 60 (Maximum) dB liegen. Dies gilt für Messungen in Entfernungen von 500 bzw. 1.000 Metern zur nächstgelegenen WEA des Windparks. Bei 2 bzw. 10 Hz liegt die maximale Infraschall-Emission etwa 50 dB bzw. 40 dB unterhalb der menschlichen Wahrnehmungsschwelle. Dies entspricht einem Verhältnis von etwa 1:300 bzw. 1:100. Das bedeutet, dass die Schalldruckpegel, die der Windpark in Gagel bei maximaler elektrischer Leistungserzeugung emittiert, bereits in 500 Metern Entfernung zur nächstgelegenen WEA mehr als einhundert Mal geringer sind als das, was in der weltweit anerkannten Fachliteratur als menschliche Wahrnehmungsschwelle bei Infraschall beschrieben wird. **Dieser Betrachtung liegen die sogenannten Terzbänder zugrunde, wie sie in der Akustik entsprechend nationaler und internationaler Normen anzuwenden sind (DIN-EN-ISO 266). Anstelle einzelner Frequenzen werden hier die Schalldrücke in einem Frequenzband betrachtet und aufsummiert, womit die größtmögliche Schallwirkung als Funktion der Frequenz angegeben wird.**

Die Schalldruckpegel werden in dem logarithmischen Maß Dezibel (dB) angegeben. 40 dB entsprechen einem Amplitudenwert (im quadratischen Mittel) von 2 Millipascal (mPa) bzw. 60 dB einem Wert von 20 mPa. Etwa 6 dB Zuwachs entsprechen einer Verdoppelung der Amplitude. Folglich lassen sich die Schalldruckpegel in den Terzbändern in (effektive) Amplitudenwerte für jedes Frequenzband umrechnen und für den untersuchten Windpark sowohl bei hohen als auch geringen Windgeschwindigkeiten angeben. Allerdings kann die Amplitude eines einzelnen Druckpulses, der beim Passieren des Flügels am Turm der WEA entsteht, nicht angegeben werden. Weil die einzelnen WEA eines Windparks nicht synchron laufen, sendet jede WEA zu unterschiedlichen Zeiten einen Impuls aus, so dass in den Zeitreihen diese Impulse überlagert sind und nur als kontinuierliche Unruhe instrumentell aufgezeichnet werden können. Lediglich die Betrachtung durch die Frequenzanalyse zeigt die Spitzen bei einzelnen Frequenzen, hierbei jedoch als Überlagerung aller Einzelsignale der einzelnen WEA des Windparks.

Abschließend sei nochmals darauf hingewiesen, dass diese Spitzen bei der Darstellung der Schalldruckpegel in den Terzbändern nicht mehr deutlich sichtbar sind. Dies ist keine Verschleierung, da die Terzbänder die Summe aller Signale (Signalspitzen und Hintergrundrauschen) angeben und somit die größtmögliche Schallwirkung für die jeweiligen Frequenzen angeben. Wir hoffen, dass Ihnen diese Informationen weiterhelfen.

Mit freundlichen Grüßen

Im Auftrag Beate Buchcik

Parlament- und Kabinettreferat Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz