

Luftdruckpulse von Windkraftanlagen und deren Einwirkung auf den Menschen

Die im Sommer 2021 durchgeführte Messkampagne von BGR (mit PTB) an zwei ausgewählten Windparks sollte Klarheit zur Höhe der von Windrädern abgestrahlten Luftdruckpulse schaffen, um so deren nachteilige Auswirkung auf Menschen im Nahfeld dieser Anlagen beurteilen zu können. Nachfolgend werden die neuen Messergebnisse der BGR im Verbund mit den vorangegangenen Studien von LUBW, UBA und TremAc analysiert, um daraus die Frage der möglichen Gesundheitsgefährdung durch Windräder infolge der abgestrahlten Luftdruckpulse beurteilen zu können. Dabei werden nur physikalische/physiologische Gesichtspunkte (bezogen auf den Luftpfad) zur Diskussion gestellt. Die Wirkung der Pulse über den Boden, ihre durch Resonanz verstärkte Wirkung in Gebäuden sowie die Frage psychologischer Effekte, aufgrund der Einwirkung und Wahrnehmung der Luftdruckpulse, ist nicht Gegenstand dieses Papiers.

Zusammenfassung:

Unter Zugrundelegung der in 2021 publizierten neuen Messungen der BGR an zwei Windparks (1), sowie den Erkenntnissen aus den Studien von TremAc (2, 3, 4), muss man bei heutigen Windparks mit abgestrahlten Luftdruck-Pulshöhen um 90 dB rechnen. Druckpulse dieser Größenordnung sind in der Lage, Wechseldruck-empfindsame Rezeptoren unseres Körpers anzuregen.

Die mobile Messtechnik der BGR trennt diese Druckpulse auch in Gegenwart von hohem Rauschuntergrund, wie dieser bei Starkwind und hoher Anlagenleistung vorhanden ist. So setzt BGR den messtechnischen Standard zur Erfassung dieser Druckpulse. Die Druckspitzen nehmen deutlich zu mit der Windgeschwindigkeit und der Größe der WKA. Weiterhin nehmen die Druckspitzen mit der Flügelverstellung zum Schutz der WKA bei Starkwind zu. Offensichtlich erzeugt dann das nicht optimale Strömungsfeld an den Flügeln erhöhte Druckpulse (wie dies vom Prinzip auch von „klopfenden“ Hubschraubern bekannt ist).

BGR liefert die neuen Messergebnisse leider nur als Leistungsdichtespektren. Dazu erklärt BGR, dass diese Auswertungsform nicht geeignet ist, um daraus die Wirkung der Druckpulse auf den Menschen abzuleiten. BGR entzieht sich somit der Erwartung, dass ihre Messungen in der Frage der gesundheitlichen Wirkung auf den Menschen nutzbar sind. BGR empfiehlt dagegen eine Terzband-Messung, wie sie bisher von den Messstellen im Zuge der Genehmigung von WKA praktiziert wird. **BGR ist aufgefordert, die Ergebnisse der Messkampagne 2021 in der Druck-Zeit-Auswertung zu publizieren. Dazu sollte BGR auch folgende Frage beantworten: Mit welchen maximalen Druckpulshöhen (in Pascal) ist bei modernen Windparks entfernungsabhängig insbesondere bei Starkwind und bei Anströmrichtung zur Messstelle zu rechnen?**

Der Vergleich zwischen Terzband-Messungen und den Druck-Zeit-Verläufen sowie den Leistungsdichtespektren zeigt, dass mit Terzband-Messungen die Luftdruckpulse nicht in ihrer wahren Höhe von den Störsignalen selektiert werden können. Die Terzband-Messung muss deshalb als ungeeignet zur Ermittlung von Luftdruckpulsen eingeordnet werden.

Unsere auf Wechseldruck empfindsamen Rezeptoren sind genauso wie die von BGR eingesetzte Messtechnik in der Lage, Luftdruckpulse aus einem hohen Rauschuntergrund zu trennen. Denn unser Körper hat separate Detektionssysteme für Luftdruckpulse und für Schall / Infraschall. Insofern ist auch eine messtechnische Behandlung der Luftdruckpulse mit den Werkzeugen der Schallphysik entsprechend TA Lärm mit zugehörigen Normen völlig ungeeignet, um den gesundheitlichen Schutz des Menschen zu beurteilen.

Eine ständige Anregung unserer auf Wechseldruck empfindsamen Rezeptoren durch Luftdruckpulse im Abstand von etwa 1 sec, ohne dass das Gehirn am Körper eine Ortung vornehmen kann, ist eine

völlig neue Sinneserfahrung, wie wir diese von Natur aus nicht kennen (allenfalls von Foltermethoden). Damit könnten die von klagenden Anliegern vielfältig berichteten gesundheitlichen Beeinträchtigungen (siehe z.B. (7)) in Form von Schlafstörungen, Innerer Unruhe und Konzentrationsmängeln erklärt werden.

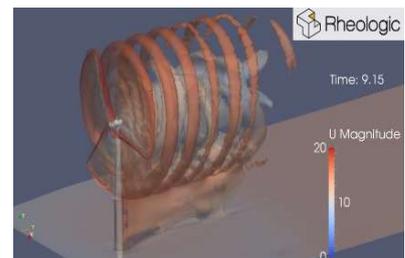
In der aktuellen Genehmigungstechnik wird den Gefährdungen der Menschen infolge der Luftdruckpulse von WKA weder durch geeignete Messungen noch durch geeignete Auswertungsverfahren Rechnung getragen. Die aktuelle Genehmigungstechnik weist hierzu eine gravierende Lücke in Bezug auf den Gesundheitsschutz auf.

Der noch lückenhafte Kenntnisstand zur Frage der Gesundheitsgefährdung infolge der von WKA abgestrahlten Luftdruckpulse macht als Vorsorgemaßnahme zum Schutz der Anwohner eine sinnvolle Abstandsregelung erforderlich.

1. Entstehung und Größe der von WKA abgestrahlten Luftdruckpulse

Windräder emittieren hörbaren Schall, nicht hörbaren Infraschall sowie signifikante Luftdruckpulse.

Diese Luftdruckpulse entstehen prozessbedingt durch die Wechselwirkung der Flügel mit dem Turm sowie durch das getaktete Abbremsen des zuvor gleichförmigen Luftstroms in einen getakteten, verwirbelten und gerichteten Luftstrom mit etwa auf 40% reduzierter Geschwindigkeit. Aus diesem Prozess des getakteten Abbremsens des Luftstroms erntet der Rotor seine Energie (3 bis 5 MW bei modernen Anlagen).

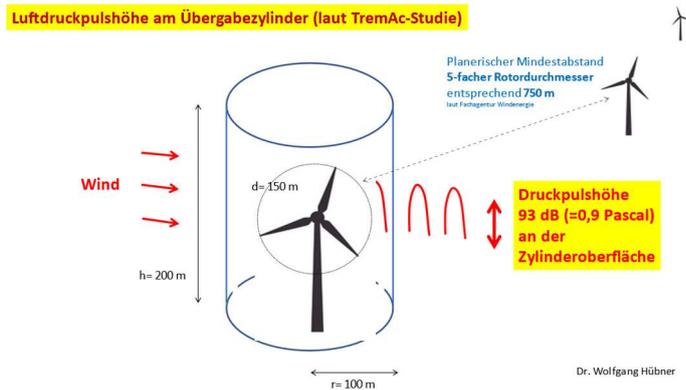


Zur Qualität dieser Signale folgt aus den Unterlagen der BGR (1):

- „Das Drucksignal wird gemeinhin als Überlagerung einzelner Sinusschwingungen bei den Frequenzen der Flügelharmonischen verstanden. Als angemessene Beschreibung erscheint jedoch der kurzzeitige **N-förmige Impuls**, der durch die Abfolge von Kompression und Dekompression der Luft zwischen Turm und passierendem Flügel entsteht.“ „Einzelne Schwingungen allein scheinen das Infraschall-Signal einer WEA nicht passend zu beschreiben, hingegen N-förmige Impulse. Dabei ist die spektrale Signatur der N-förmigen Impulse allein auf ihre stetige Wiederholung in einem konstanten zeitlichen Abstand zurückzuführen; ihr Signalspektrum selber ist breitbandig und hat eine Eckfrequenz bestimmt durch die Signaldauer“. Damit betont BGR den Druckpuls-Charakter im Gegensatz zu den in der Schallphysik geltenden Welleneigenschaften.
 - Die früheren und neueren Messungen der BGR belegen, dass die Höhe dieser Druckpulse deutlich zunimmt
 - mit der Größe der Anlagen,
 - mit der Windgeschwindigkeitund dass diese auffällig hoch sind bei modernen Flügel-verstellbaren WKA.

Laut TremAc (2,3,4) 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 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).



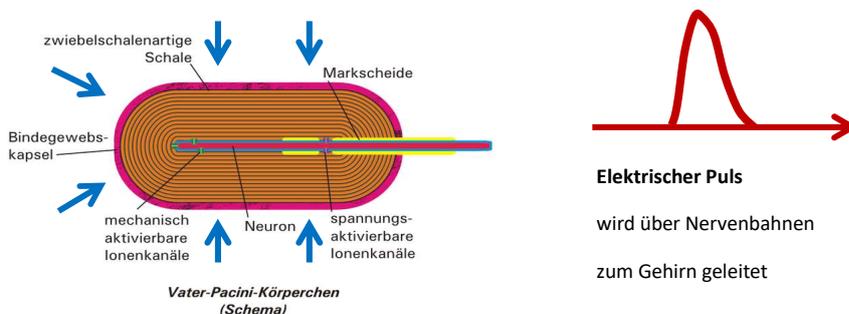
In der Planung eines Windparks wird laut Fachagentur Windenergie der gegenseitigen Beeinflussung von Windrädern infolge des getakteten Windfeldes durch einen planerischen Mindestabstand (5-facher Rotordurchmesser) Rechnung getragen. Dies erfolgt auch zum Schutz des nachfolgenden Windrads vor den Luftdruckpulsen, um Ermüdungsbrüche an den Flügeln durch das getaktete Strömungsfeld zu vermeiden. Für den Schutz der Windräder untereinander gegenüber den Luftdruckpulsen existiert somit eine Abstandsregelung (bei heute üblichen Rotordurchmessern von 150 m beträgt der Mindestabstand zwischen zwei Rädern in Windrichtung 750 m). Zum Schutz des Menschen konnte sich dagegen die Politik auf keine Abstandsregelung einigen.

Zur Beurteilung des Gefährdungspotentials dieser abgestrahlten Luftdruckpulse waren somit an die Messung der BGR folgende Anforderungen zu stellen, wie dies auch vor der Messkampagne im Schreiben (8) vom Verfasser der BGR (mit Kopie an die verantwortlichen Behörden) mitgeteilt wurde:

- „Gemessen wird an Windparks moderner Größe über einen Zeitraum von etwa 6 Wochen in verschiedenen Abständen und Anströmlagen bis 4 km Entfernung bei repräsentativen Anlagenzuständen und Randbedingungen. Insbesondere auch bei hohen Windgeschwindigkeiten im Bereich maximaler Anlagenleistung mit der Windrichtung zur Messeinrichtung.“ Ergänzung: In diesem Arbeitspunkt sind auch die Flügel in eine strömungstechnisch nicht optimale Position gedreht.
- Erfasst werden die einzelnen Luftdruckpulse (N-förmigen Impulse) über einen längeren Zeitraum bevorzugt in Windrichtung in verschiedenen Entfernungen und zwar im Druck-Zeitverlauf, angegeben in Pascal.
- Die Messtechnik muss in der Lage sein, selbst bei dem hohen Rauschuntergrund eines starken Windes die Luftdruckpulse aus dem omnipräsenten Rauschuntergrund zu selektieren.

2. Mögliche Wirkung der Luftdruckpulse auf den menschlichen Körper

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 empfindsamem Rezeptoren erläutert werden:



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 Körpers 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.

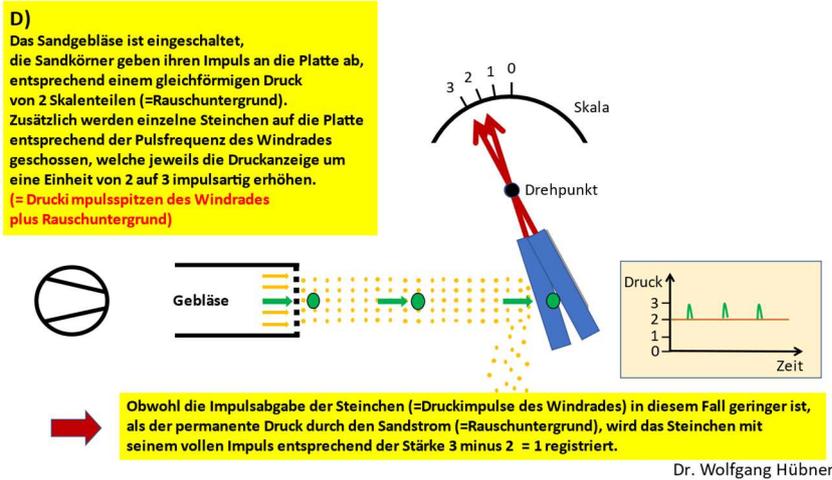
Das Experiment mit dem Papierblättchen ersetzt keine wissenschaftliche Untersuchung, ab welcher Druckänderung unser Körper diese wahrnimmt. Es ist eine erste grobe Annäherung zur Wirkungsschwelle von Wechseldruck auf den menschlichen Körper. Offen bleibt die Grenzemfindlichkeit, welche wie beim Schall 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 92 dB 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 90 dB 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 90 dB erreichen, so dass mit einer Anregung der auf Wechseldruck empfindsamen Rezeptoren unseres Körpers zu rechnen ist.

Das Detektionsvermögen des menschlichen Körpers auf Druckpulse ist unabhängig von einer starken Lärmkulisse. So lässt sich das Experiment auch bei hohem Rauschuntergrund im hörbaren und im nicht hörbaren Infraschall durchführen, wie beispielsweise direkt am Wasserfall von Landsberg oder in einer lärmgefüllten Gießerei. Das muss so sein, sonst könnten wir uns in einer lärmgefüllten Umgebung nicht sicher bewegen oder das Landen einer Mücke an der Meeresbrandung detektieren. Die Ausführungen belegen: Unser Körper ist in der Lage, den Wechseldruck der Luftdruckpulse selbst bei hohem Rauschuntergrund zu selektieren, denn wir haben unterschiedliche Detektionssysteme für das Hören einerseits und das Fühlen von Druckänderungen andererseits. Erfahrungen und Messtechnik aus dem Schallbereich (TA Lärm mit zugehörigen Normen) können damit auch nicht auf den Bereich von Druckänderungen übertragen werden.

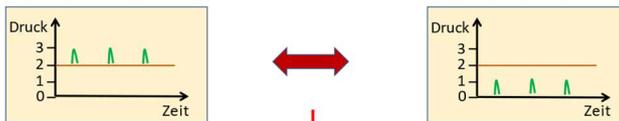
Dieser Sachverhalt wird durch das Gedankenexperiment mit der Teilchen-Impuls-Waage weiter verdeutlicht:



Der Rauschuntergrund (wie von einer stochastischen Lärmquelle, bzw. von dem feinen Sand) führt zu einem kontinuierlichen Ausschlag. Kommt zu diesem Rauschen zusätzlich ein einzelnes Steinchen (entsprechend dem Luftdruckpuls), so führt dies zu einem impulsförmigen zusätzlichen Ausschlag.

An dieser Stelle muss auf den grundlegenden Gedankenfehler im LUBW-Messbericht (6) verwiesen werden.

Der grundlegende Gedankenfehler im LUBW-Bericht



Experimentell abgesichert ist:

- Die auf Wechseldruck im Bereich von 0 bis 10 Hz empfindlichen Rezeptoren des Tastsinnes registrieren nicht das **omniprésente Rauschen**.
- Der jeweilige Rauschuntergrund dient als Nullpunkt.
- Die **Druckimpulse des Windrades** im Bereich von 0 bis 10 Hz wirken unabhängig vom Rauschen in voller Stärke auf die auf Wechseldruck empfindlichen Rezeptoren.

Der Gedankenfehler der LUBW:

- Die Druckimpulse des Windrades werden in ihrer Wirkung dem **omniprésente Rauschen** gleich gesetzt.
- Sofern die **Druckimpulse des Windrades** kleiner oder gleich dem **Rauschen** sind, werden sie deshalb als nicht relevant eingestuft.
- Zur Untermauerung dieser Betrachtung werden im LUBW-Bericht von S.59 bis S.85 vielfältige Vergleichsmessungen zu Rauschuntergründen somit als fehlerhaften Beleg herangezogen.

Dr. Wolfgang Hübner

Sowohl LUBW als auch die im Genehmigungsverfahren eingeschalteten Messstellen gehen irrtümlich davon aus, dass ein Luftdruckpuls eines Windrades dann unschädlich ist, wenn er geringer als das Rauschniveau oder das Niveau anderer Lärmquellen ist. LUBW setzt mit dieser fehlerhaften Argumentationskette auf vielen Seiten ihres Berichtes andere Lärmquellen (vom Kühlturm bis zur Autobahn) in Relation zu den von WKA abgestrahlten Luftdruckpulsen. **Schallphysik ist physikalisch ein anderer Mechanismus als pulsartige Luftdruckänderungen. Insofern sind auch Messtechnik und Beurteilungsverfahren der Schallphysik nicht auf Luftdruckpulse anwendbar.**

Wie nachfolgend gezeigt, ist nur die Messtechnik der BGR in der Lage, Luftdruckpulse aus einem Störuntergrund zu selektieren, so wie dies auch die verschiedenen Sensoren unseres Körpers können.

3. Höhe der Luftdruckpulse aufgrund der BGR-Messungen

Im Rahmen des Atombomben-Teststopp-Abkommens misst die BGR seit vielen Jahren mit zwei Stationen im weltweiten Verbund insbes. die von Explosionen abgestrahlten Luftdruckpulse mit einer dafür hochsensiblen Messtechnik. BGR ist daran interessiert, dass die von nahe gelegenen WKA abgestrahlten Luftdruckpulse nicht die eigenen Messungen gefährden. Erstmals in 2004 hat deshalb BGR Messungen an einem Windrad durchgeführt im Leistungsbereich von 200 kW und durch weitere laufende Messungen an ihrer permanent

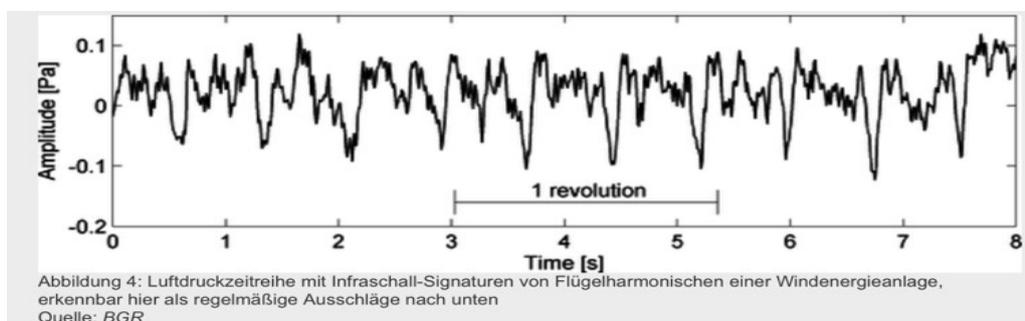
betrieblenen Versuchsstation IGADe verifiziert und weiter verfeinert. Zum aktuellen Wissensstand hat BGR in verschiedenen Publikationen sowie in ihrer Homepage (1) laufend berichtet. Trotz dieser gebündelten Kompetenz wurde in den Untersuchungen von LUBW (6), UBA (5) sowie der TremAc-Studie (2) (3) weder auf die messtechnische Kompetenz der BGR zum Erfassen dieser Luftdruckpulse noch zu deren Ergebnisse eingegangen.

Unter Nutzung des im nachfolgenden Bild gezeigten Diagramms der BGR hätte man im bewohnten Nahfeld eines Windparks mit 16 Anlagen zu je 1800 kW in einer Entfernung von 700 m mit Luftdruckpulshöhen von 100 dB entsprechend 2 Pascal rechnen müssen. Andererseits folgt aus dem für jedermann nachvollziehbaren Experiment mit einem Papierblättchen, dass unser Tastsinn schon bei 0,8 Pascal angeregt werden kann. Das wäre ein starker Hinweis gewesen, dass Windparks heutiger Größe in der Lage sind, wechselladempfindsame Rezeptoren unseres Körpers anzuregen und somit gesundheitsschädigende Wirkung haben.



Aufgrund einer öffentlichen und kontroversen fachlichen Diskussion in 2020/2021 hat BGR dieses Diagramm im April 2021 als fehlerhaft zurückgezogen. Zur Klärung der Druckpulshöhen erhielt daraufhin BGR im Verbund mit PTB den mehrwöchigen Messauftrag an zwei Windparks.

Für das Detektionsvermögen unseres Körpers ist allein der Druck-Zeit-Verlauf maßgebend. Unser Körper kann allenfalls unterscheiden, ob die Druckänderung mit steilen Flanken („harter Puls“) oder flachen Flanken („weicher Puls“) geschieht. Unser Körper macht keine Fouriertransformation wie dies in der Messtechnik durch Zerlegung des Pulses in ein Frequenzspektrum geschieht. Insofern sind im Hinblick auf die Einwirkung auf unseren Körper nur die Messdaten der BGR nutzbar, welche das Signal im ursprünglichen Druck-Zeit-Verlauf wiedergeben. Die Druckmessdose des hochsensiblen Barometers der BGR registriert primär den Druck-Zeitverlauf und arbeitet vom Prinzip her wie ein Vater-Pacini-Körperchen: Eine Volumenveränderung der Dose infolge des Drucks wird in ein elektrisches Signal umgewandelt. Leider liefert BGR keine Druck-Zeit-Auswertung zur Messkampagne 2021, so muss weiterhin auf das nachfolgende alte Diagramm der BGR aus früheren Messungen zurückgegriffen werden.



Das Diagramm zeigt eine ausgewählte Luftdruckzeitreihe einer früheren Messung der BGR an einer WKA im Leistungsbereich von lediglich 200 kW. Demnach ist bei dieser Kleinanlage mit Luftdruckpulsen bis zu einer Höhe von 0,1 Pascal zu rechnen. Dieses Diagramm wurde von BGR nicht widerrufen, es war in Verbindung mit dem Fehlereingeständnis mit Stand 27.04.2021 weiterhin in der Homepage der BGR enthalten.

BGR liefert für die in 2021 durchgeführten Messungen keine entsprechenden Luftdruckzeitreihen, die entscheidende Auswertungsform, um die Wirkung der Luftdruckpulse auf den Menschen bewerten zu können.

Heutige WKA liegen im Leistungsbereich von 3000 bis 5000 kW und sind somit in ihrer Leistung etwa um den Faktor 20 größer. Auch unter Einrechnung der negativen Wirkung verstellter Flügel auf die Strömungsverhältnisse (wie von BGR zu den neuen Messungen vermerkt) beim Leistungsmaxima moderner Anlage **muss man davon ausgehen, dass modernen WKA Luftdruckpulse von mehr als einem Faktor 10 der Kleinanlage (0,1 Pascal) entsprechend 1 Pascal erzeugen.** (Plausibilitätsbetrachtung: Da der Anströmdruck des Windes im Bereich von mehreren Pascal liegt, kann das getaktete Abbremsen des Windes Druckänderungen im Pascalbereich erzeugen).

Die Leistungsdichte-Messungen aus 2021 zeigen, dass moderne Windparks sehr scharfe Druck-Zeit-Signale abgeben und dass diese höher sind als bei den alten kleinen Anlagen.

Auswertungen zum Druck-Zeit-Verlauf der Pulse liefert BGR bewusst nicht. BGR möchte sich offenbar nicht in Konkurrenz zu BMU/UBA/LUBW in die Diskussion zur möglichen Gesundheitsgefährdung dieser Pulse einbringen. Denn der Auftrag dieser Fachbehörde beschränkt sich auf die Detektion der Bombentests. Stattdessen erklärt BGR, dass sie nur Leistungsdichtespektren zur Verfügung stellt und dass diese nicht geeignet sind, um die Einwirkung auf den Menschen beurteilen zu können. „Messungen und Analysen der BGR lassen keine Rückschlüsse auf die Einwirkung von WEA-Infraschall auf Menschen zu.“

Da BGR mit der genutzten Messtechnik und der hochempfindlichen Druckmessdose primär das Druck-Zeit-Signal mit hohem Rauschabstand erfasst, sind die Urdaten sicherlich geeignet, den Druck-Zeit-Verlauf der Windparks über den gesamten Messzeitraum von mehreren Wochen zu zeigen. Insofern **sollte BGR dazu aufgefordert werden, die Auswertung im Druck-Zeitverlauf zur Verfügung zu stellen. Sonst muss unterstellt werden, dass BGR Wissen zur tatsächlichen Höhe der Luftdruckpulse bewusst zurückhält.**

Schalldruck dB zu Pascal und der entsprechenden Anzahl von Papierblättchen

dB Schalldruck SPL	60	70	80	90	92	100	110	120	130
Pascal Pa	0,02	0,06	0,2	0,6	0,8	2	6,3	20	63
mg/cm ²	0,2	0,65	2,04	6,5	8,12	20,4	64,5	204	645
Anzahl Papier- blättchen	0,025	0,081	0,25	0,81	1,0	2,5	8	25	80

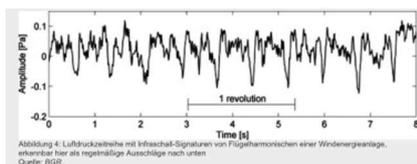
TremAc prognostiziert **93 dB**

Für eine moderne 4000 kW Anlage mit 20-fach höherer Leistung gegenüber der 200 kW-Anlage muss mindestens der 10 fache Druckwert entsprechend 10 mal 0,1 Pa = **1 Pa = 94 dB** angenommen werden.



Bei 92 dB reagiert eindeutig der Tastsinn

Die Luftdruckpulse heutiger Windparks liegen im Bereich der Empfindlichkeit des Tastsinns



Frühere BGR-Messung an 200 kW-Anlage
0,1 Pa = 74 dB

Grundlagen:
1 Pascal Pa= 1 N/m² = 10,2 mg/cm²
1 N = 0,102 Kg

Schalldruckpegel $L_p = 20 \times \log(p/p_0)$, wird in dB angegeben

Referenzdruck $p_0 = 20$ Mykro Pascal ; entspricht 0 dB entspricht der Hörschwelle bei 1 kHz

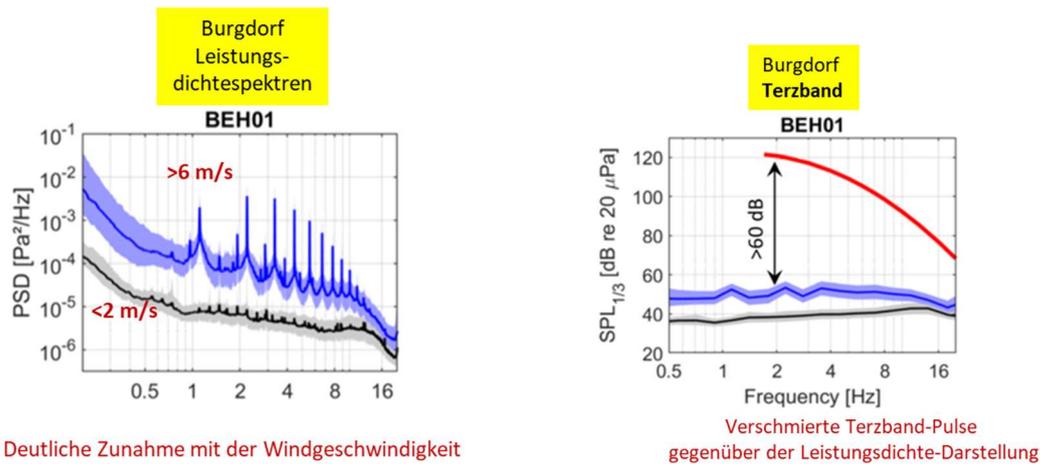
Spezifisches Gewicht Kopierpapier 80 g/m² = 8 mg/cm²

Dr. Wolfgang Hübner

Die alten Daten der BGR extrapoliert auf die leistungsstärkeren Neuanlagen im Verbund mit der TremAc Prognose zu den Luftdruckpulsen belegen, dass Luftdruckpulse im Bereich von 90 dB zu unterstellen sind. Andererseits spricht unser Tastsinn auf Druckpulse von weniger als 90 dB an. **Somit muss unterstellt werden, dass Luftdruckpulse heutiger Windparks im Bereich der Wahrnehmungsschwelle des Tastsinns und anderer auf Wechseldruck empfindsamer Sensoren unseres Körpers liegen.**

Völlig unverständlich ist es, wie BGR (oder PTB) zur Empfehlung kommt, dass Terzbandmessungen die geeignete Messung darstellen, um die Wirkung von Luftdruckpulsen auf den menschlichen Körper zu beurteilen, obwohl nur die Druck-Zeit-Verläufe und auch die Leistungsdichtespektren die Pulse aus dem Rauschen klar herauslösen. Dagegen sind die Luftdruckpulse in den Terzmessungen bis nahezu zur Unkenntlichkeit geglättet. Die Gegenüberstellung im nachfolgenden Schaubild allein beweist, dass Terzbandmessungen, wie sie im Genehmigungsverfahren von den Messinstituten angewandt werden, nicht die Luftdruckpulse entsprechend ihrer wahren Höhe registrieren können.

Die behördlicherseits akzeptierte Messtechnik der zugelassenen Messinstitute verfügt auch nicht über eine geeignete Rauschunterdrückung, so dass die Luftdruckpulse bei Starkwind (wo diese maximale Höhe erreichen aber auch ein hoher Rauschuntergrund besteht) messtechnisch nicht erfasst werden können. Dies hat zur Folge, dass beispielsweise im LUBW-Messbericht die Drucksignale ab 700 m Entfernung nicht mehr erkennbar sind und im Rauschuntergrund untergehen. Dagegen ist die BGR noch in 20 km Entfernung in der Lage, diese Drucksignale zu registrieren.

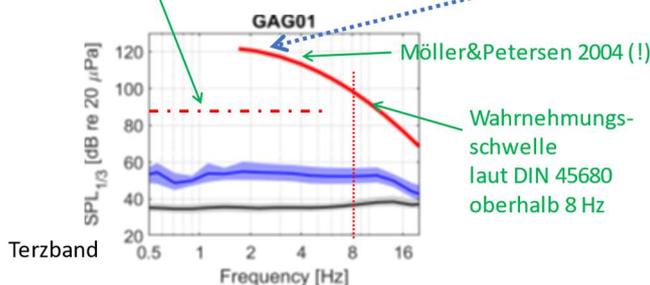


Statt einer Luftdruck-Pulshöhe von etwa von 90 dB kommt die Terzbandauswertung lediglich auf 60 dB.

Wenn man eine fehlerhaft gemessene Druckpulshöhe mit einer fehlerhaften Wahrnehmungsschwelle verknüpft muss dies als gravierender Fehler in der Frage der Bewertung von Luftdruckpulsen im Hinblick auf eine mögliche gesundheitliche Gefährdung von Anliegern von WKA kritisiert werden.

Wahrnehmungsschwellen

90 dB Wahrnehmungsschwelle
im Bereich 1 bis 8 Hz
laut Experiment
mit Papierblättchen



120	dB Schalldruck SPL
20	Pascal Pa
204	mg/cm ²
25	Anzahl Papier- blättchen



Bezogen auf unsere Körperoberfläche
von 1,7 m² = 17 000 cm²
errechnet sich aus 204 mg/cm²
ein Gewicht von 17 000 x 204 = 3 468 000 mg
= 3 468 g = 3,4 kg (!)



Die Wahrnehmungsschwelle von Möller&Petersen aus 2004 mit 120 dB widerspricht eklatant dem Experiment mit dem Papierblättchen mit 90 dB, wie dies jedermann am eigenen Körper nachvollziehen kann!

Quelle BGR

Dr. Wolfgang Hübner

Die rot eingezeichnete Wahrnehmungsschwelle endet bei 2 Hz, wobei die Luftdruckpulse im Takt von etwa 1 sec abgestrahlt werden und eine Wellenbetrachtung dieser Puls im Sinne der Schallphysik ohnehin unzutreffend ist. Demnach wäre die Wahrnehmungsschwelle des menschlichen Körpers bei mehr als 120 dB. Wie jedermann am eigenen Körper feststellen kann ist dies unmöglich. Unser Tastsinn reagiert bereits bei einem Druck entsprechend weniger als einem Papierblättchen (90 dB), undenkbar dass die Reaktion erst bei 25 übereinander gestapelten Papierblättchen (120 dB) eintritt. Hier kommt genehmigungstechnisch eine völlig veraltete Publikation aus 2004 zur Anwendung, welche wohl im Schall- und Infraschallbereich ihre Berechtigung hat, nicht aber für die Luftdruckpulse der WKA gelten kann.

Wenn man geglättete Luftdruckpulse in der Terzbandauswertung mit völlig überhöhten Wahrnehmungsschwellen in Relation setzt, so kommt man zur Aussage, dass die Luftdruckpulse von Windkraftanlagen in ihrer Höhe „fernab der Wahrnehmung durch den Menschen“ liegen.

Quellen:

(1) BGR Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe; „Der Infraschall von Windenergieanlagen“ mit den zugehörigen weiterführenden links als Download unter:

https://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Erdbeben-Gefahrungsanalysen/Seismologie/Kernwaffenteststopp/Projekte/laufend/infraschall_WEA.html?nn=8130568

(2) „Objektive Kriterien zu Erschütterungs- und Schallemissionen durch Windenergieanlagen im Binnenland, TremAc; Zusammenfassender Schlussbericht zum Gesamtvorhaben; Dr.-Ing. Peter Kudella; Januar 2020 als Download unter:

https://www.fachagentur-windenergie.de/fileadmin/files/Schall/Zusammenfassender_Schlussbericht_TremAc.pdf

(3) „TremAc Abschlussbericht zu den Teilvorhaben Aerodynamische und aeroakustische Simulation von Lasten und Schallquellen; Akustische Untersuchung einer Windenergieanlage mittels Mehrkörpersimulation und Schallmessungen“; Institut für Aerodynamik und Gasdynamik sowie Lehrstuhl für Windenergieanlagen der Universität Stuttgart; 4. Juni 2020; als Download unter:

https://www.fachagentur-windenergie.de/fileadmin/files/Schall/IAG_SWE_TremAc_compressed.pdf

(4) „Analyse der TremAc-Studie im Hinblick auf die Frage der Gesundheitsgefährdung im Nahfeld von Windrädern“ Dr. Wolfgang Hübner; 08.12.2020; als download unter:

<https://www.windwahn.com/wp-content/uploads/2020/12/201208-TremAc-Kritik.pdf>

(5) 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; als Download unter:

<https://www.windwahn.com/wp-content/uploads/2020/09/200920-UBA-Druckpulse.pdf>

(6) Status zur Diskussion mit LUBW: „Gesundheitsgefährdung im Nahfeld von Windrädern“; Dr. Wolfgang Hübner; 01.03.2020; als Download unter:

<https://www.windwahn.com/wp-content/uploads/2020/03/200301-LUBW-EntgegnungFinalOKN.pdf>

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

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

(8) Schreiben von Dr. Wolfgang Hübner an BGR zu Händen Dr. Ceranna vom 29.04.2021 „Sachstand zur Frage der Gesundheitsgefährdung infolge der Luftdruckpulse von Windrädern nach dem Fehlereingeständnis der BGR“; mit Kopie an die Projektverantwortlichen der TremAc-Studie, der UBA-Studie sowie an die Verantwortlichen im BMU, UBA, LUBW sowie dem bayerischen LfU.

Hinweis zur Versachlichung der Diskussion:

Im vorliegenden Papier geht es nicht darum, ob man für oder gegen die Ziele der Energiewende zwecks Beherrschung des Klimawandels ist, oder für oder gegen Windenergie, es geht hier allein um Klärung folgender Frage:

Welche Sicherheitsabstände sind von WKA zur Besiedelung einzuhalten, damit die dort lebenden Menschen keine gravierenden gesundheitlichen Schäden infolge der vom Windrad abgestrahlten kräftigen Luftdruckpulse erfahren? Dies ist eine existenzielle Frage, zu welcher die Politik trotz heftigen Debatten bisher keinen Konsens für eine Mindestabstands-Regelung, wie die 10 H Regelung, finden konnte.

Als Diplom-Physiker war der Autor viele Jahre in nationalen und internationalen umwelttechnischen Projekten tätig, so sind ihm die Herausforderungen zu nachhaltigem und umweltverträglichem Wirtschaften/Verhaltensweisen bewusst. Zu jeder technischen Lösung ist stets der Nutzen gegen die unerwünschten Nebenwirkungen dieser Technik abzuwägen. Bei der Windenergie gehört hierzu die Bereitschaft, u.a. die Frage der gesundheitsschädigenden Wirkung infolge der abgestrahlten Luftdruckpulse im Einwirkungsbereich dieser Anlagen zu klären.

In diesem Sinne bittet der Autor um konstruktive fachliche Kritik zu diesem sicherlich auch mit Politik und Emotionen behafteten Thema.

Dieses Papier ging mit Schreiben vom 18.10.2021 an die Verantwortlichen von BGR, BMU, UBA, LUBW, LfU BY, die Projektverantwortlichen der TremAc-Studie und der UBA-Studie sowie an ausgewählte Politiker und Fachanwälte.