

Gesundheitsgefährdung im Nahfeld von Windrädern

Grundlagen zum gleichnamigen Papier vom 28.03.2020

1. Warum werden druckempfindliche Rezeptoren unseres Körpers durch die Schalldruckpulse des Windrads angeregt?
2. Warum ist nur die Messtechnik der BGR in der Lage, um die Druckwellen eines Windrades in ihrer wahren Größe zu bestimmen?
3. Warum registriert unser Tastsinn die periodischen Druckwellen des Windrades unabhängig von der Art und Stärke einer vorhandenen Lärmkulisse?
4. Einwände in Kürze zum LUBW-Mess-Bericht, welcher derzeit als wesentliche genehmigungstechnische Grundlage dient.

200728 Dr. Wolfgang Hübner

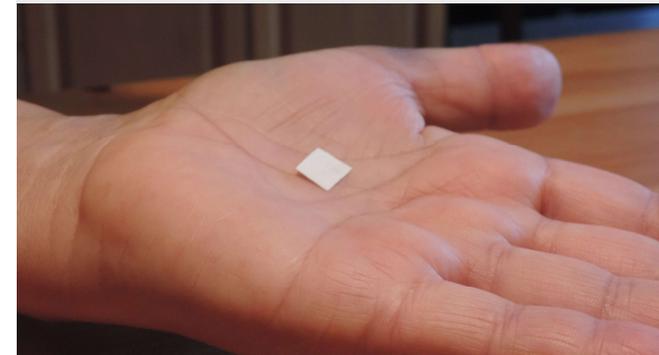


1 von 8

Infraschall



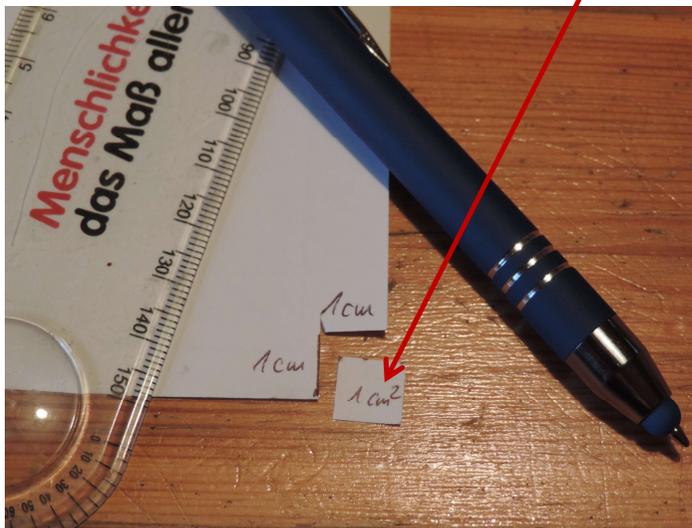
Simulation der Ausbreitung von Infraschallwellen in der Atmosphäre
Quelle: BGR



1. Warum werden druckempfindliche Rezeptoren unseres Körpers durch die Schalldruckpulse des Windrads angeregt?

Die Antwort liefert das Tastsinn-Experiment mit einem Papierblättchen

1 cm² Papier
= 8 mg/cm²
entspricht einem Druck von **0,8 Pa** (Pascal)



Die einmalige Druckerhöhung durch das Papierblättchen um **0,8 Pa** ist deutlich spürbar.



Das Experiment mit dem Papierblättchen

Die einmalige Druckerhöhung durch das Papierblättchen um **0,8 Pa** (Pascal) ist deutlich spürbar.

100 dB

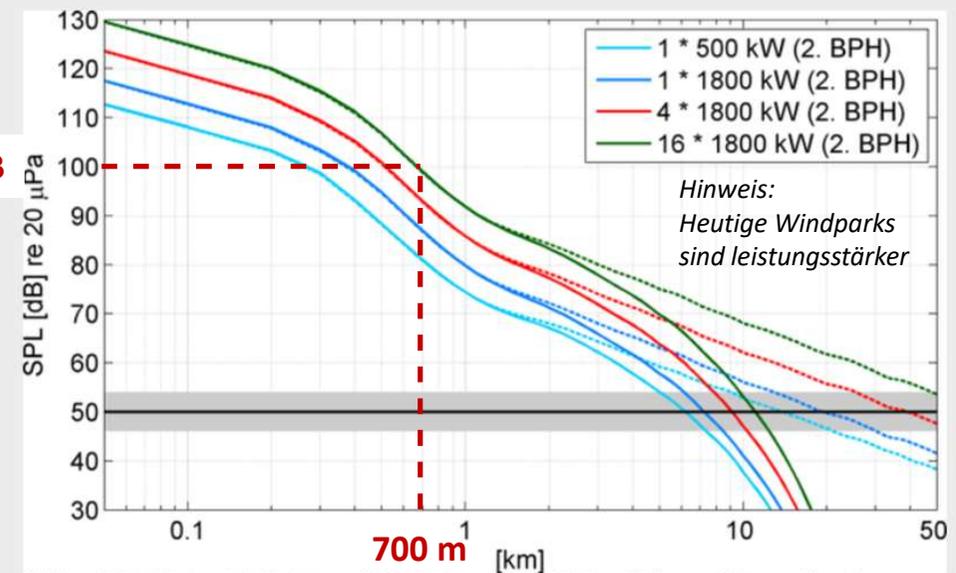


Abbildung 7: Schalldruckpegel der Emission von Windkraftanlagen in Abhängigkeit von Entfernung, Leistung und Anzahl. Durchgezogene Linien berücksichtigen hierbei normale Ausbreitungsbedingungen, gestrichelte Linien die Ausbreitung in einem troposphärischen Wellenleiter. Das mittlere Rauschniveau an der Infraschallstation I26DE (horizontale Linie) ist als Schwellwert für unbeeinträchtigte Messungen angegeben

Quelle: BGR

- Schalldruckpegel in dB: $L_p = 20 \log$ (Gemessener mittlerer Druck/Bezugsschalldruck).
- Wobei Bezugsschalldruck = 2×10^{-5} Pa (Pascal).
- $1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$ dies entspricht einer Gewichtsauflage von $0,102 \text{ kg/m}^2$.
- 20 dB mehr entsprechen jeweils einem Faktor 10.

In **700 m** erzeugt der Windpark einen Schalldruckpegel von **100 dB** entsprechend **2 Pa** (Pascal)

Das Experiment mit dem Papierblättchen

Die einmalige Druckerhöhung durch das Papierblättchen um **0,8 Pa (Pascal)** ist deutlich spürbar.

110 dB

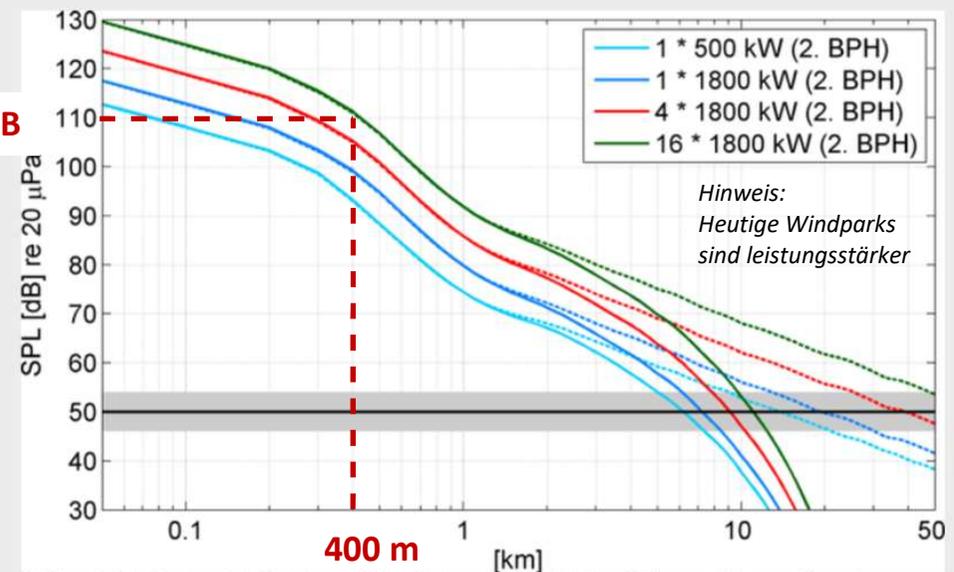


Abbildung 7: Schalldruckpegel der Emission von Windkraftanlagen in Abhängigkeit von Entfernung, Leistung und Anzahl. Durchgezogene Linien berücksichtigen hierbei normale Ausbreitungsbedingungen, gestrichelte Linien die Ausbreitung in einem troposphärischen Wellenleiter. Das mittlere Rauschniveau an der Infraschallstation I26DE (horizontale Linie) ist als Schwellwert für unbeeinträchtigte Messungen angegeben

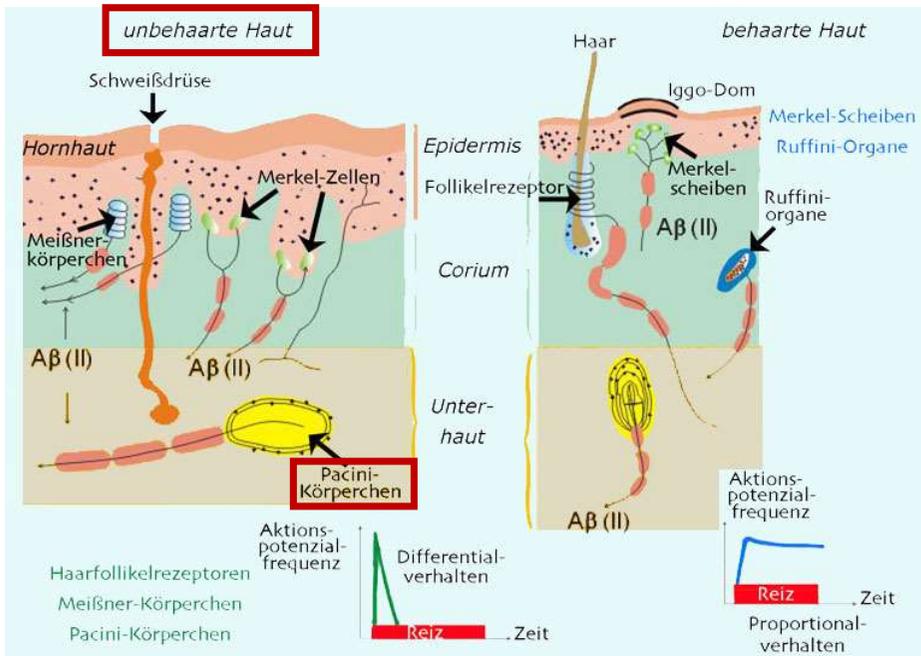
Quelle: BGR

- Schalldruckpegel in **dB**: $L_p = 20 \log$ (Gemessener mittlerer Druck/Bezugsschalldruck).
- Wobei Bezugsschalldruck = 2×10^{-5} Pa (Pascal).
- $1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$ dies entspricht einer Gewichtsauflage von $0,102 \text{ kg/m}^2$.
- 20 dB mehr entsprechen jeweils einem Faktor 10.

In **400 m** * kann der Windpark einen Schalldruckpegel von **110 dB** entsprechend **6,3 Pa (Pascal)** erzeugen
= Stapel mit 8 Papierblättchen

* Unterhalb etwa 800 m ist das Schalldruckfeld noch nicht stabil, der Schalldruckpegel kann je nach Ort noch höher oder niedriger sein.

Druckempfindliche Rezeptoren in der Haut

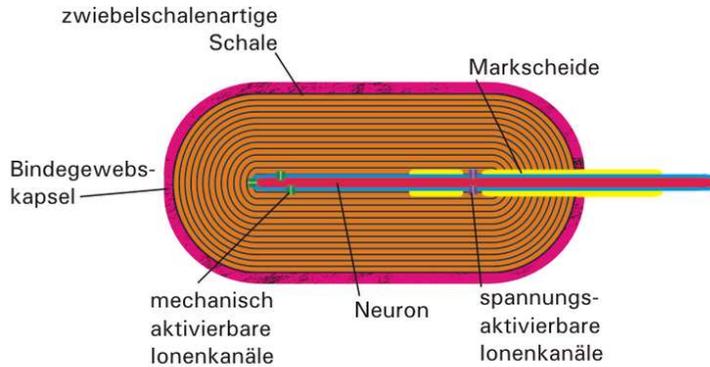


Quelle: medizin-kompakt.de

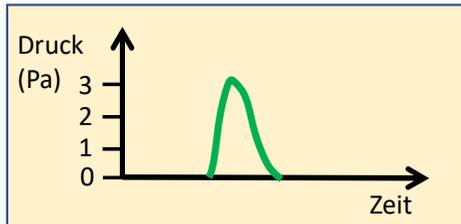
**Die Haut ist unser größtes Sinnesorgan:
In 2 m² Haut befinden sich etwa 500 Mio. Rezeptoren!**

SIM fehlt 09:36 medizin-kompakt.de	
Körper Erkrankungen Untersuchung Naturheilkunde Lexikon Körperzahlen	
Aufgaben	<ul style="list-style-type: none"> • Reaktion auf mechanische Reize (Druck, Dehnung, Berührung, Vibration)
Haut	<ul style="list-style-type: none"> • in der unbehaarten Haut: befinden sich <u>Merkel-Tastscheiben</u>, <u>Meissner Tastkörperchen</u>, <u>Ruffini-Körperchen</u>, <u>Vater-Pacini-Körperchen</u> • in der behaarten Haut: <u>Merkel-Tastscheiben</u>, <u>Haarfollikelrezeptoren</u> <ul style="list-style-type: none"> ◦ RC-Rezeptoren (Vibrationsempfindung): Vertreter sind die <u>Vater-Pacini-Körperchen</u>, <u>Krause-Endkolben</u>, reagieren auf Veränderungen der Geschwindigkeit eines Reizes sehr schnell, befinden sich in der <u>Unterhaut</u> oder <u>Lederhaut</u> ◦ RA-Rezeptoren (Berührungsempfindung): Vertreter sind die <u>Meissner Tastkörperchen</u> (in der <u>behaarten</u> Haut über nehmen dies die <u>Haarfollikelrezeptoren</u>), reagieren schnell auf Bewegungen und Veränderungen der Reizstärke, befinden sich im <u>Stratum papillare</u> der <u>Lederhaut</u> ◦ SA-I-Rezeptoren (Tastsinn): Vertreter sind die <u>Merkel-Tastscheiben</u>, reagieren langsam auf lang andauernde Reize (z.B. Stehen), befinden sich im <u>Stratum basale</u> der <u>Epidermis</u> ◦ SA-II-Rezeptoren (Tastsinn): Vertreter sind die <u>Ruffini-Körperchen</u>, langsam, reagieren v.a. auf die Dehnung der <u>Haut</u>, befinden sich im <u>Stratum reticulare</u> der <u>Lederhaut</u> ◦ Tiefensensibilität: Vertreter sind die <u>Muskelspindeln</u> der <u>Muskelfasern</u>, <u>Dehnungsrezeptoren</u> (Sehnenspindeln) an den <u>Sehnen</u>, registrieren den <u>Muskeltonus/ Gelenkstellungen/ Körperhaltung</u>
Herz/Kreislauf	<ul style="list-style-type: none"> • Barorezeptoren: am <u>Carotis-Sinus/Aortenbogen</u>; Aufgaben: Messung der Dehnung der <u>Gefäßwand</u> (<u>Blutdruck</u>), Aktivierung des <u>Nervus vagus</u> • Dehnungsrezeptoren: in den Wänden der <u>Herzvorhöfe</u>; Aufgaben: Messung des Füllungsvolumen, Ausschüttung von <u>ANP</u>

Vater-Pacini-Körperchen reagieren auf schnelle Druckveränderungen (Druck-Pulse)



Vater-Pacini-Körperchen (Schema)



Reagiert auf Druckpulse

Quellen:
medizin-kompakt.de
wikipedia

SIM fehlt 09:31 86%

medizin-kompakt.de

Körper Erkrankungen Untersuchung Naturheilkunde Lexikon Körperzahlen

Vater-Pacini-Körperchen

Mein Urlaub im Grünen

Lamellenkörperchen, *Corpusculum lamellosum*; Mechanorezeptoren der Haut, die vor allem auf Vibrationen reagieren.

Allgemein	<ul style="list-style-type: none"> bis 2 mm groß <u>RC-Rezeptoren</u> nehmen keinen dauerhaft anhaltenden, konstanten Druck auf
Reaktion	<ul style="list-style-type: none"> schnell auf Druckveränderungen und <u>Vibrationen</u>
Vorkommen	<ul style="list-style-type: none"> <u>Unterhautgewebe</u> (Subcutis) <u>Handflächen, Fußsohlen, Phalangen</u> von Händen/Füßen, auch in <u>Muskeln, Bänder, Sehnen, Periost, Gelenkkapseln</u> <u>Organen</u>: <u>Bauchspeicheldrüse, Mesenterium, Vagina, Klitoris, Harnblase</u>
Aufbau	<ul style="list-style-type: none"> oval 20- 60 dünnen zwiebschalennähnliche Lamellen umgeben eine <u>markhaltigeNervenfaser</u> zwischen den Lamellen befindet sich eine <u>interstitielle Flüssigkeit</u> mit feinen <u>Kollagenfasern</u> und <u>Glykoproteinen</u> aussen: <u>Bindegewebskapsel</u>
Aufgaben	<ul style="list-style-type: none"> Reaktion auf <u>Vibrationen</u> <u>Tiefensensibilität</u>

Mechanismus der Reizauslösung am Beispiel Vater-Pacini-Körperchen

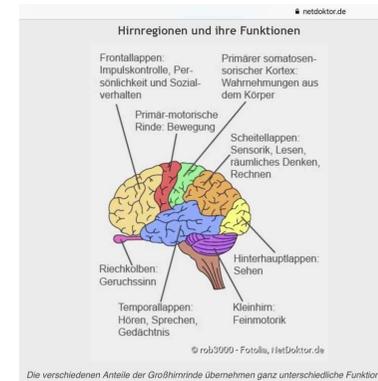
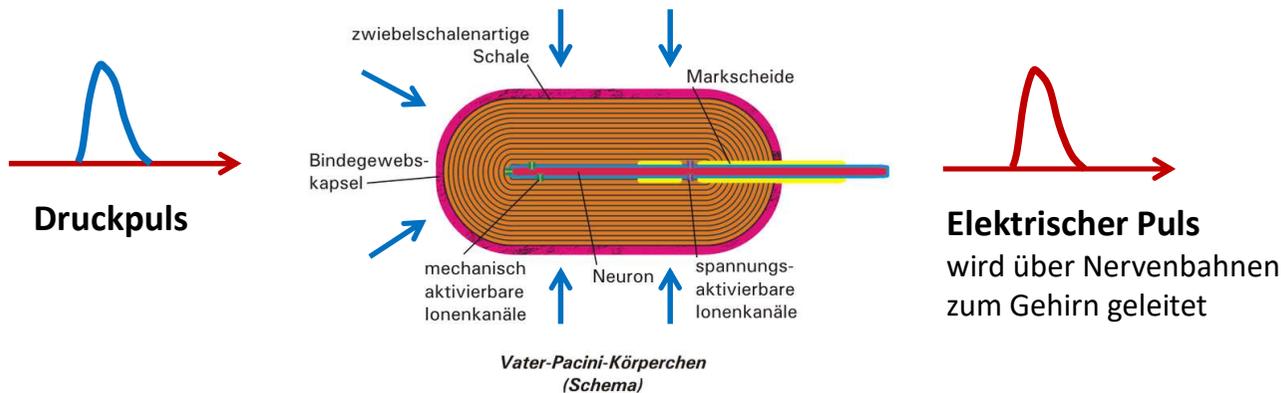
medizin-kompakt.de



Körper Erkrankungen Untersuchung Naturheilkunde Lexikon Körperzahlen

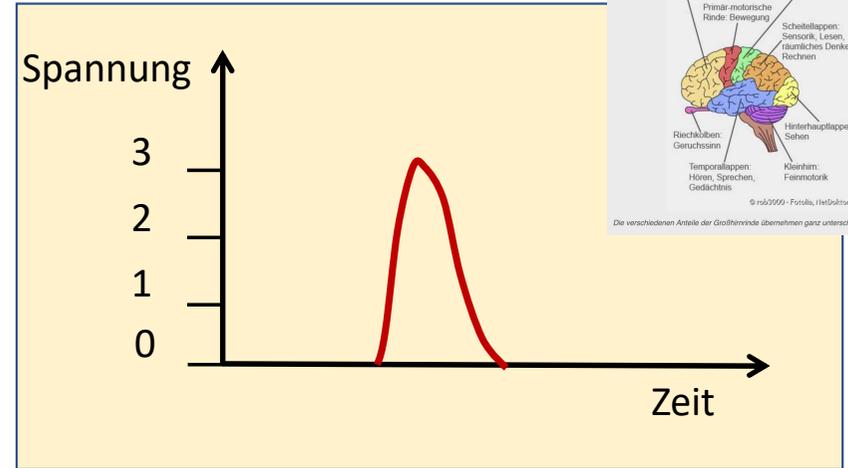
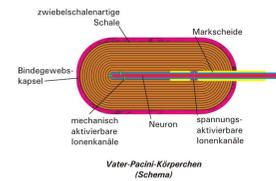
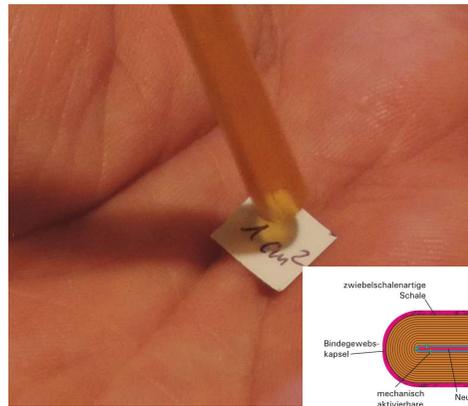
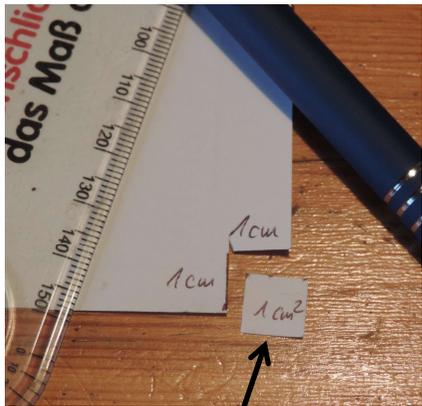
Reizauslösung

- Natriumkanäle in der Zellmembran sind über Mikrovilli mit den Zytoskelett der Zellen verbunden
- in Ruhe sind sie verschlossen
- werden einige Zellen aber gedrückt oder gezogen so kommt es zu einem Aufziehen dieser Natriumkanäle
- Natrium kann somit in die Zelle hineinströmen: die Zelle wird depolarisiert (=> Ladungsumkehrung an der Zellmembran)
- der Reiz wird danach weitergeleitet zum zentralen Nervensystem und dort verarbeitet



200711 Dr. Wolfgang Hübner

Die Signalkette zum Tastsinn-Experiment



Gewicht: 8 mg
 Druck: $8 \text{ mg/cm}^2 = 0,8 \text{ Pa}$ (Pascal)

(1 Pa = 1 N/m², dies entspricht einer Gewichtsauflage von 0,102 kg/m²)

Das Auftreffen des Papierblättchens erzeugt eine einmalige lokale Druckänderung, welche vom Tastsinn deutlich registriert wird.

Tastsinnempfindlichkeit in Relation zum Schalldruckpuls von Windrädern

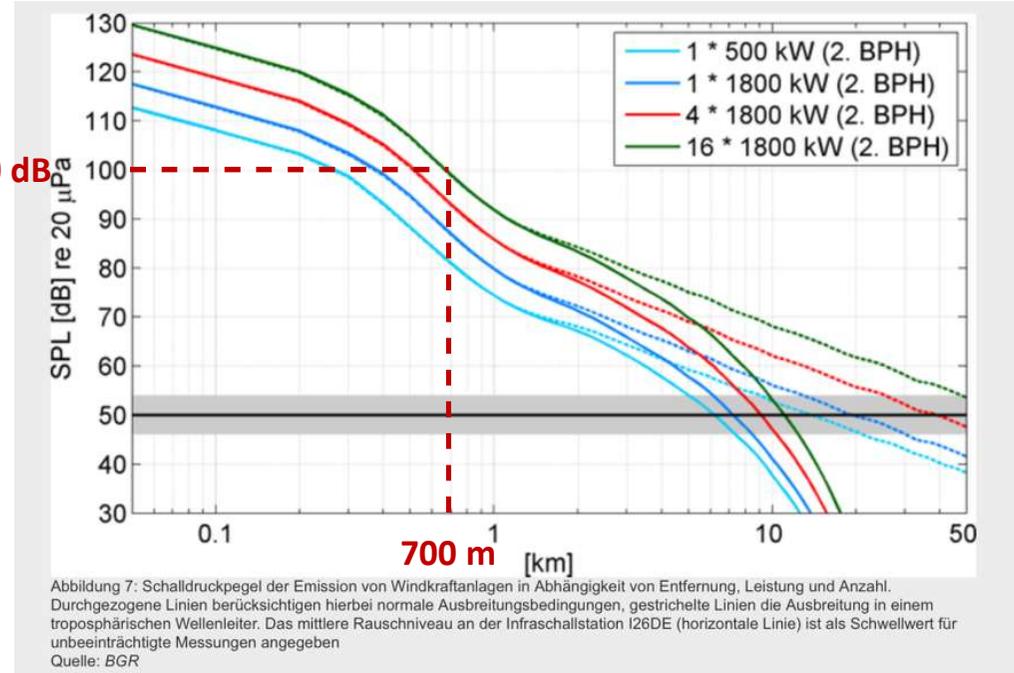


**0,8 Pa
wird deutlich
wahrgenommen**

Konservatives Ergebnis:

- Grenzepfindlichkeit wurde nicht ermittelt
- Heutige Windparks mit Rotordurchmessern bis zu 150 m sind leistungsstärker
- Abstände zur Wohnbebauung sowie zur Einwirkung auf Tiere liegen häufig unter 700 m
- Interferenzbildungen im Freien und in Häusern sind unberücksichtigt

100 dB



- Schalldruckpegel in **dB**: $L_p = 20 \log$ (Gemessener mittlerer Druck/Bezugsschalldruck).
- Wobei Bezugsschalldruck = 2×10^{-5} Pa (Pascal).
- $1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$ dies entspricht einer Gewichtsauflage von $0,102 \text{ kg/m}^2$.
- 20 dB mehr entsprechen jeweils einem Faktor 10.

**In 700 m erzeugt der Windpark einen Schalldruckpegel von 100 dB
entsprechend 2 Pa**

2. Warum ist nur die Messtechnik der **BGR** in der Lage, um die Druckwellen eines Windrades in ihrer wahren Größe zu bestimmen?

Die Antwort liefert
der Messtechnik- Vergleich

zwischen:

Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR)

und

Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg (LUBW)



Infraschall



Simulation der Ausbreitung von Infraschallwellen in der Atmosphäre
Quelle: BGR

Die Messtechnik der BGR

Lars Ceranna | 08.03.2009



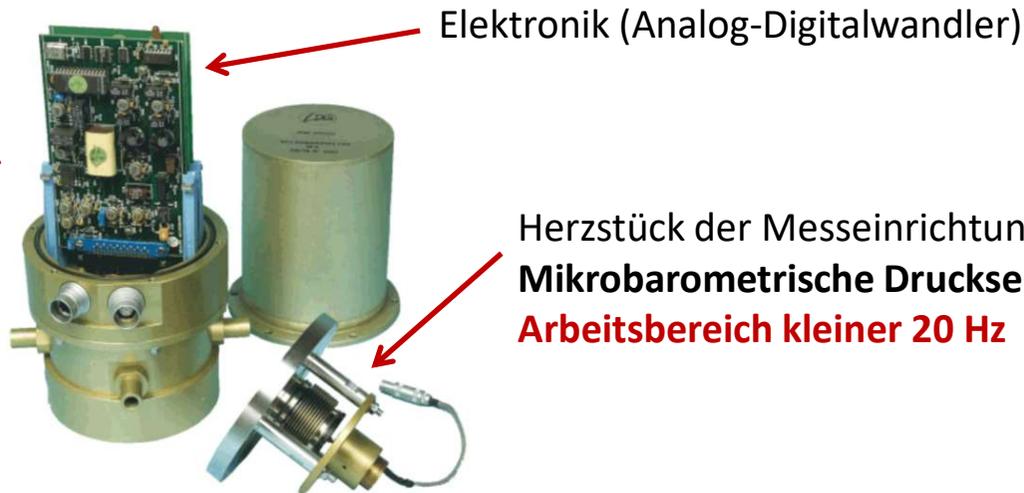
Unterirdische Messkammer

Auf Kreisen angeordnete Lufteinlässe sammeln die Luft-Druckpulse, welche jeweils über eine Rohrleitung zum Gehäuse des Mikrobarometers geleitet werden. Vor Störsignalen geschützt befindet sich das Mikrobarometer mit Elektronik in einer unterirdischen Kammer.

Die räumliche, bodennahe und windgeschützte Anordnung der Lufteinlässe dient zur Unterdrückung störender Geräusche (stochastisches Rauschen) insbesondere von Windgeräuschen und ermöglicht ein Ausrichten der Empfindlichkeit auf die Schallquelle (Mess-Systeme mit Richtcharakteristik).

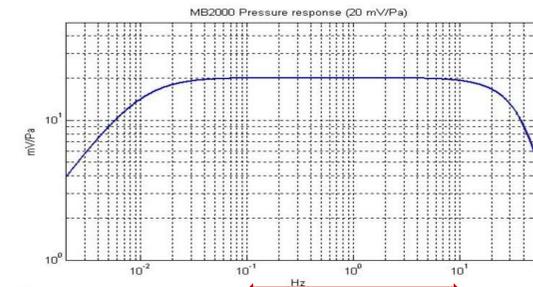
Mikrobarometer MB 2000 von CEA/Military Applications, wie von BGR verwendet.

Gehäuse mit Einlässen für die Rohrleitungen



Elektronik (Analog-Digitalwandler)

Herzstück der Messeinrichtung:
Mikrobarometrische Drucksensor
Arbeitsbereich kleiner 20 Hz



Example of MB2000 pressure response.
0,1 bis 10 Hz =
Bereich der Druckwellen
von Windrädern

Die Messtechnik der LUBW



LUBW-Messbericht

Abbildung 4.5-3: Schallharte Platte mit darauf montiertem Mikrofon und doppeltem Windschirm. Das eingesetzte Messgerät Typ DUO steht auf einem Stativ montiert daneben und ist über ein Messkabel mit dem Mikrofon verbunden. Foto: LUBW

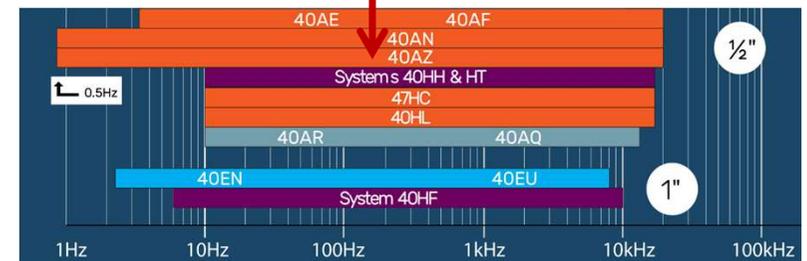
Arbeitsbereich: 1 bis 20.000 Hz

GRAS 40AZ

1/2" Free-field Microphone, Low Frequency



Low frequency microphone especially designed for infra-sound measurements. Frequency range from 0.5 Hz to 20 kHz. Use the dedicated 26CG 1/4" CCP preamplifier in order to obtain the low frequency response.



Messungen <20 Hz der LUBW

Linearer Terzpegel
(unbewertet) < 20 Hz



55-70 dB in 150 m Entfernung
vergleichbar mit den anderen Schallquellen

Tabelle 2-1: Vergleichende Übersicht der Ergebnisse. Die Messwerte unterlagen häufig erheblichen Schwankungen. Sie wurden hier auf 5 dB gerundet, teilweise liegen unterschiedliche Mittelungszeiten zugrunde. Näheres findet sich in den entsprechenden Kapiteln des Berichts. Für den Vergleich der Ergebnisse (Messungen mit / ohne schallharte Platte) wurde eine Korrektur durchgeführt; Näheres hierzu siehe Abschnitt 4.1.

Quelle/Situation	Kapitel	G-bewertete Pegel in dB(G)	Infraschall-Terzpegel ≤ 20 Hz in dB ¹⁾	Tieffrequente Terzpegel 25-80 Hz in dB ¹⁾
Windenergieanlagen ²⁾				
		WEA an / aus	WEA an	WEA an
- WEA 1	4.2	700 m: 55-75 / 50-75 150 m: 65-75 / 50-70	- 150 m: 55-70	- 150 m: 50-55
- WEA 2	4.3	240 m: 60-75 / 60-75 120 m: 60-80 / 60-75	- 120 m: 60-75	- 120 m: 50-55
- WEA 3	4.4	300 m: 55-80 / 50-75 180 m: 55-75 / 50-75	- 180 m: 50-70	- 180 m: 45-50
- WEA 4	4.5	650 m: 50-65 / 50-65 180 m: 55-65 / 50-65	- 180 m: 45-55	- 180 m: 40-45
- WEA 5	4.6	650 m: 60-70 / 55-65 185 m: 60-70 / 55-65	- 185 m: 50-65	- 185 m: 45-50
- WEA 6	4.7	705 m: 55-65 / 55-60 192 m: 60-75 / 55-65	- 192 m: 55-65	- 192 m: 45-50
Straßenverkehr				
- Würzburg innerorts, Balkon ³⁾	5.1	50-75	35-65	55-75
- Würzburg innerorts, Wohnraum ³⁾		40-65	20-55	35-55
- Karlsruhe, Verkehrslärmmessstation ³⁾	5.2	65-75	45-65	55-70
- Reutlingen, Verkehrslärmmessstation ³⁾	5.2	70-80	50-70	55-75
- BAB A5 bei Malsch, 80 m ⁴⁾	5.3	75	55-60	60-70
- BAB A5 bei Malsch, 260 m ⁴⁾		70	55-60	55-60
- Innengeräusche Pkw bei 130 km/h ⁴⁾	5.4	105	90-95	75-95
- Innengeräusche Kleinbus bei 130 km/h ⁴⁾		100	85-90	80-90
Städtischer Hintergrund, Karlsruhe ³⁾				
- Dach Naturkundemuseum	6	50-65	35-55	bis 60
- Friedrichsplatz		50-65	35-50	bis 60
- Innenraum		45-60	20-45	bis 55

Straßenverkehr				
- Würzburg innerorts, Balkon ³⁾	5.1	50-75	35-65	55-75
- Würzburg innerorts, Wohnraum ³⁾		40-65	20-55	35-55
- Karlsruhe, Verkehrslärmmessstation ³⁾	5.2	65-75	45-65	55-70
- Reutlingen, Verkehrslärmmessstation ³⁾	5.2	70-80	50-70	55-75
- BAB A5 bei Malsch, 80 m ⁴⁾	5.3	75	55-60	60-70
- BAB A5 bei Malsch, 260 m ⁴⁾		70	55-60	55-60
- Innengeräusche Pkw bei 130 km/h ⁴⁾	5.4	105	90-95	75-95
- Innengeräusche Kleinbus bei 130 km/h ⁴⁾		100	85-90	80-90
Städtischer Hintergrund, Karlsruhe ³⁾				
- Dach Naturkundemuseum	6	50-65	35-55	bis 60
- Friedrichsplatz		50-65	35-50	bis 60
- Innenraum		45-60	20-45	bis 55
Geräuschquellen in Wohngebäuden ⁵⁾				
- Waschmaschine (alle Betriebsarten)	7.1	50-85	25-75	10-75
- Heizung (Öl und Gas, Volllast)	7.2	60-70	40-70	25-60
- Kühlschrank (Volllast)	7.2	60	30-50	15-35
Ländliche Umgebung ⁶⁾				
		Wind 6 / 10 m/s	Wind 6 / 10 m/s	Wind 6 / 10 m/s
- Wiese, 130 m vom Wald entfernt	8.1	50-65 / 55-65	40-70 / 45-75	35-40 / 40-45
- Waldrand	8.1	50-60 / 50-60	35-50 / 45-75	35-40 / 40-45
- Wald	8.1	50-60 / 50-60	35-40 / 40-45	35-50 / 35-40
Meeresbrandung				
- Strand, 25 m entfernt	8.2	75	55-70	keine Angabe
- Felsenkliff, 250 m entfernt	8.2	70	55-65	keine Angabe

1) Lineare Terzpegel (unbewertet)

2) Für Windenergieanlagen: Aus 10-Sekunden Werten (vgl. Abbildungen des G-Pegel in Abhängigkeit von der Windgeschwindigkeit)

3) Für Straßenverkehr (Würzburg) und Städtischer Hintergrund (Karlsruhe): Aus Mittelungspegeln über eine Stunde

4) Für Bundesautobahn und Pkw-Innenpegel: Aus Mittelungen über

5) Für Geräuschquellen im Wohngebäude: Aus Mittelungspegeln t

6) Die Windmessung erfolgte stets am Messpunkt MP1 (Wiese).

Mess-Ergebnisse im Vergleich

LUBW

70 dB (2. BPH) in 150 m Entfernung (einzelnes Windrad)

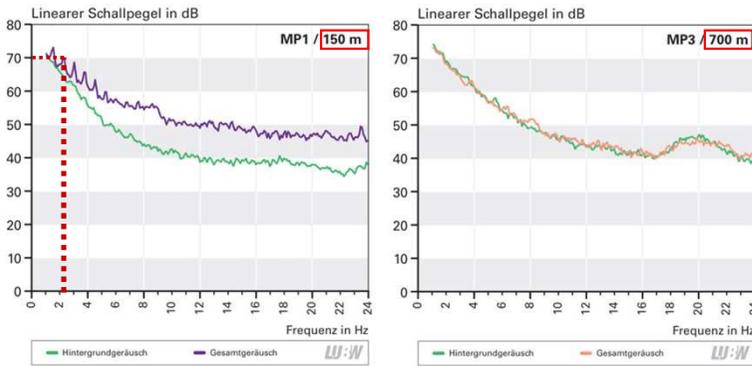


Abbildung 4.2.2: Schmalbandspektren von Hintergrundgeräusch und Gesamtgeräusch im Nahbereich der Windenergieanlage WEA 1 für den Frequenzbereich des Infraschalls

Abbildung 4.2.3: Schmalbandspektren von Hintergrundgeräusch und Gesamtgeräusch im Fernbereich der Windenergieanlage WEA 1 für den Frequenzbereich des Infraschalls

50 dB Unterschied ist physikalisch nicht erklärbar.

➔ Einer von Beiden hat um mehr als den Faktor 300 falsch gemessen!

Da die BGR-Messungen und Ausbreitungsrechnungen im Verbund mit dem internationalen Messnetz qualitätsgesichert sind, liegt der Fehler offenbar bei LUBW.

BGR (Messung plus Berechnung für Windpark)

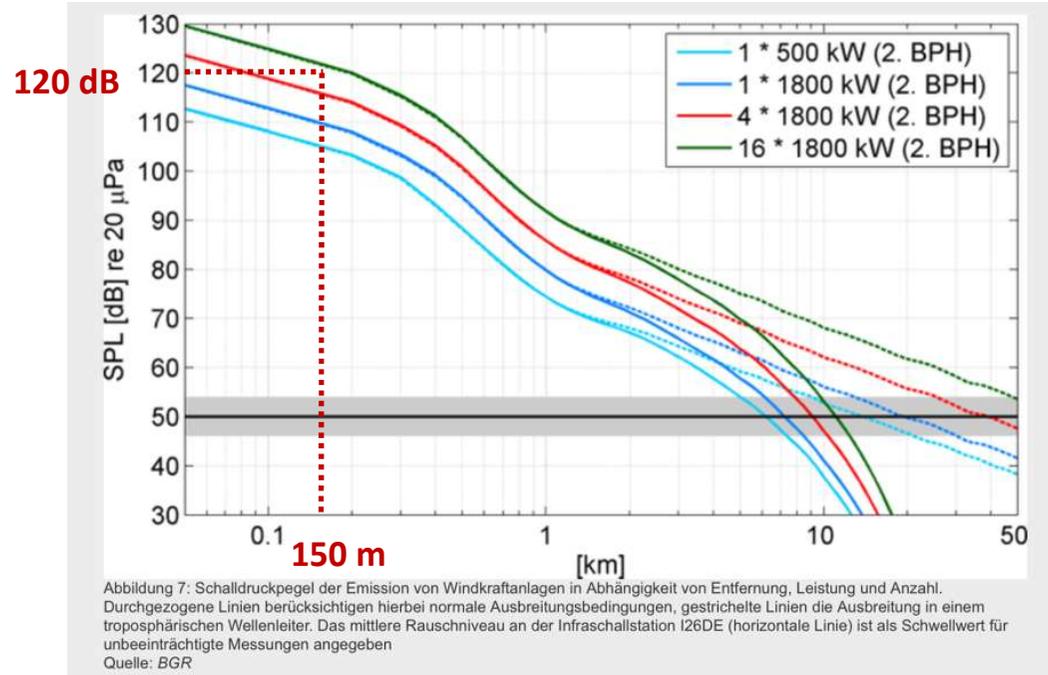


Abbildung 7: Schalldruckpegel der Emission von Windkraftanlagen in Abhängigkeit von Entfernung, Leistung und Anzahl. Durchgezogene Linien berücksichtigen hierbei normale Ausbreitungsbedingungen, gestrichelte Linien die Ausbreitung in einem troposphärischen Wellenleiter. Das mittlere Rauschniveau an der Infraschallstation I26DE (horizontale Linie) ist als Schwellwert für unbeeinträchtigte Messungen angegeben
Quelle: BGR

- Schalldruckpegel in **dB**: $L_p = 20 \log(\text{Gemessener mittlerer Druck/Bezugsschalldruck})$.
- Wobei Bezugsschalldruck = 2×10^{-5} Pa (Pascal).
- $1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$ dies entspricht einer Gewichtsauflage von $0,102 \text{ kg/m}^2$.
- 20 dB mehr entsprechen jeweils einem Faktor 10.

Rauschunterdrückung der Messtechniken im Vergleich

LUBW

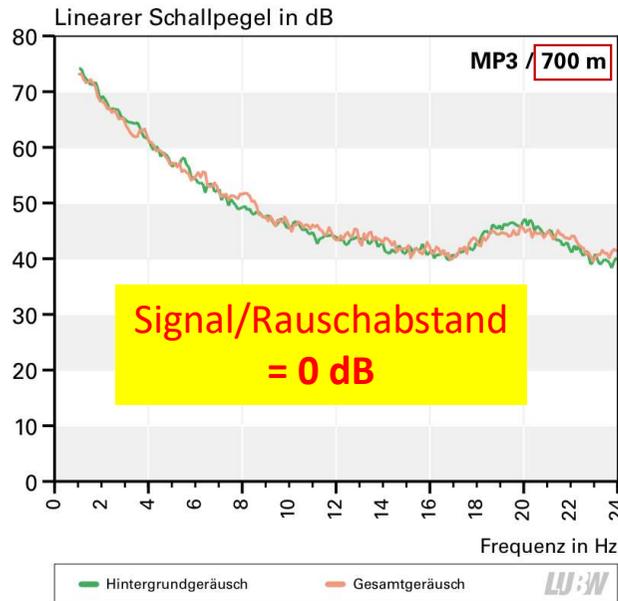


Abbildung 4.2-3: Schmalbandspektren von Hintergrundgeräusch und Gesamtgeräusch im Fernbereich der Windenergieanlage WEA 1 für den Frequenzbereich des Infraschalls

BGR (Messungen und Berechnungen)

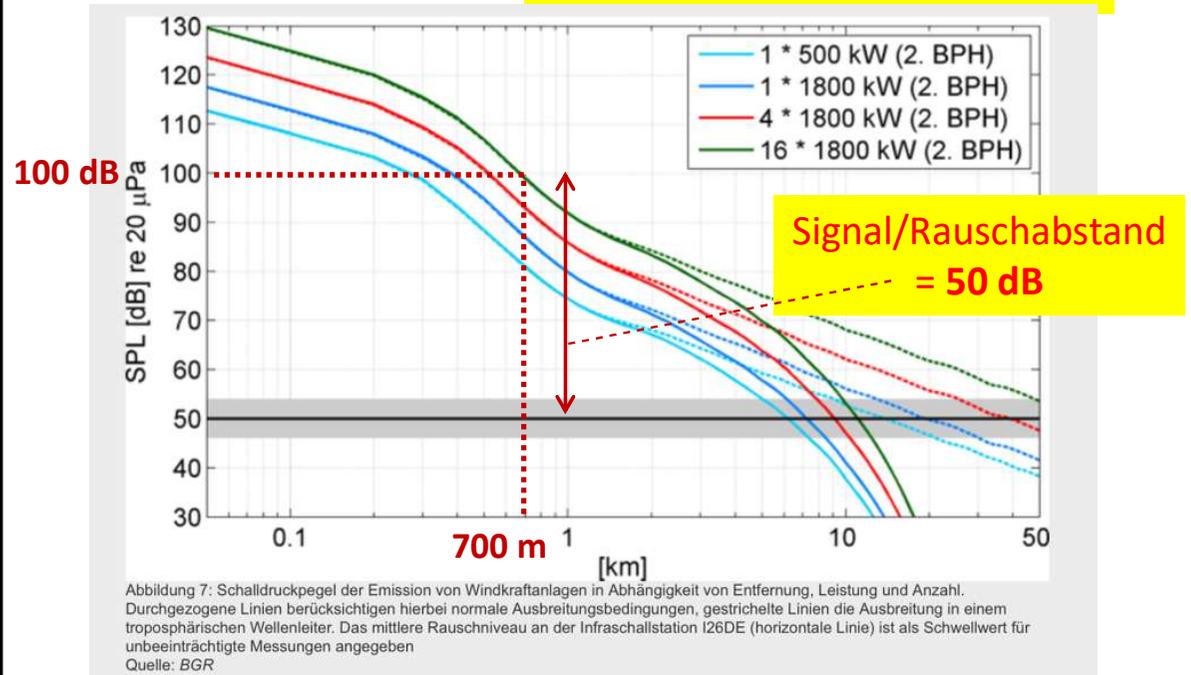


Abbildung 7: Schalldruckpegel der Emission von Windkraftanlagen in Abhängigkeit von Entfernung, Leistung und Anzahl. Durchgezogene Linien berücksichtigen hierbei normale Ausbreitungsbedingungen, gestrichelte Linien die Ausbreitung in einem troposphärischen Wellenleiter. Das mittlere Rauschniveau an der Infraschallstation I26DE (horizontale Linie) ist als Schwellwert für unbeeinträchtigte Messungen angegeben
Quelle: BGR

- Schalldruckpegel in **dB**: $L_p = 20 \log$ (Gemessener mittlerer Druck/Bezugsschalldruck).
- Wobei Bezugsschalldruck = 2×10^{-5} Pa (Pascal).
- $1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$ dies entspricht einer Gewichtsauflage von $0,102 \text{ kg/m}^2$.
- 20 dB mehr entsprechen jeweils einem Faktor 10.
- Alle Schalldruckpegel als quadratisches Mittel



Die Rauschunterdrückung der Messtechnik der LUBW ist ungeeignet

Messtechniken im Vergleich: Zusammenfassung

LUBW

- **Rauschunterdrückung ist unzureichend.**
Die Druck-Impuls-Signale des Windrades im Bereich von 0 bis 8 Hz können bereits ab einer Entfernung von 700 m nicht mehr vom überall vorhandenen Rauschen aufgelöst werden, trotz Schmalband-Spektrum-Analyse.
- Die gemessenen **Pulshöhen** (lineare Terzpegel unterhalb 20 Hz) liegen extrem unter den Werten der BGR (z.B. in 700 m Entfernung nur **1/100**) .

BGR

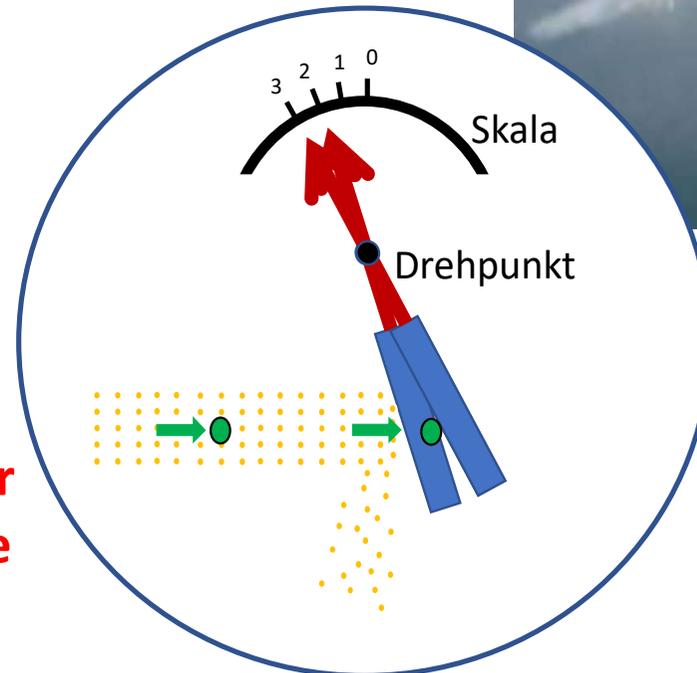
- **Hohe Rauschunterdrückung** (Array plus Messkette).
- Druckmessgerät **Manometer** ist für Signalbereich der Druck-Impulse des Windrades (0 bis 20 Hz) ausgelegt.
- Hoher **Qualitätssicherungsstandard** der gesamten Mess- und Auswertungskette ist durch den Verbund der international arbeitenden Messstellen gesichert. Eine fehlerhafte Messung ist dadurch sehr unwahrscheinlich.

Nur 1,6 m hoch!
= Verschwindend im Häusermeer
(Rauschuntergrund)



162 m hoch

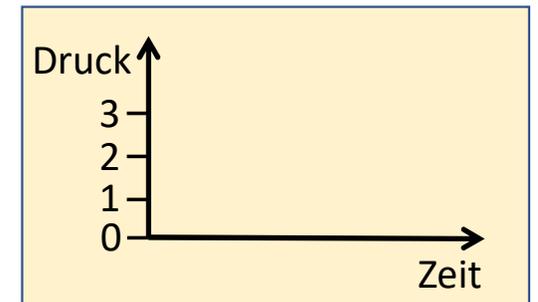
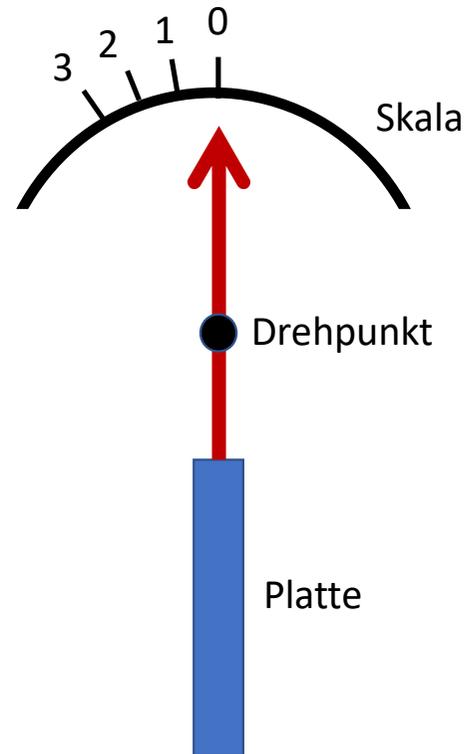
3. Warum registriert unser Tastsinn die periodischen Druckwellen des Windrades unabhängig von der Art und Stärke einer vorhandenen Lärmkulisse?



**Die Antwort liefert
das Experiment mit der
Teilchen-Impuls-Waage**

A)

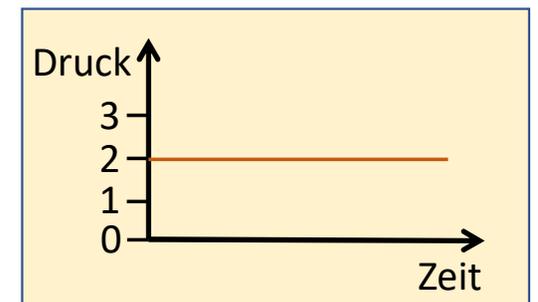
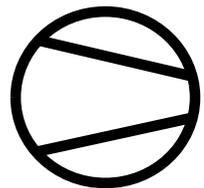
Das Sandgebläse ist ausgeschaltet,
die Teilchen-Impuls-Waage zeigt 0 an.



B)

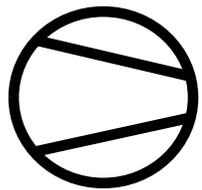
Das Sandgebläse ist eingeschaltet, die Sandkörner geben ihren Impuls an die Platte ab, entsprechend einem gleichbleibenden Druck von 2 Skalenteilen.

(=Rauschuntergrund/Lärmkulisse)

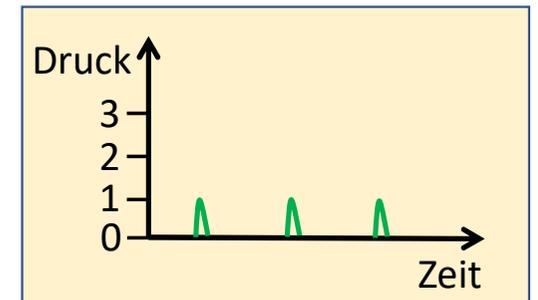
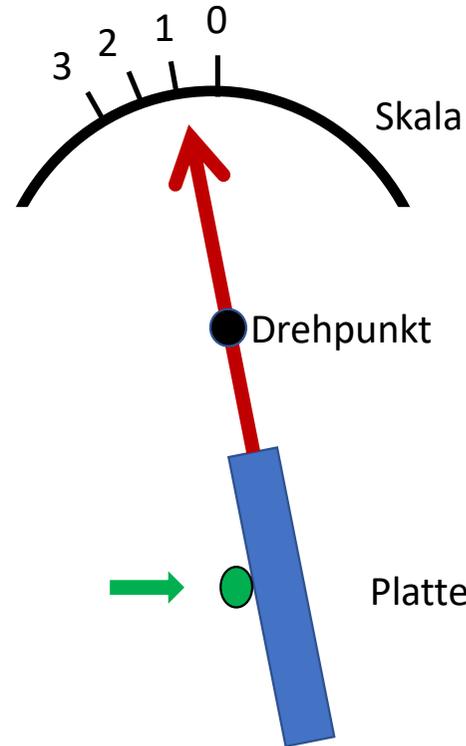


C)

Einzelne Steinchen werden im Takt der Pulsfrequenz eines Windrades auf die Platte geschossen und erzeugen über die Impulsabgabe Druckspitzen von jeweils einem Skalenteil. (= Druckimpulsspitzen des Windrads)

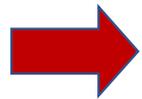
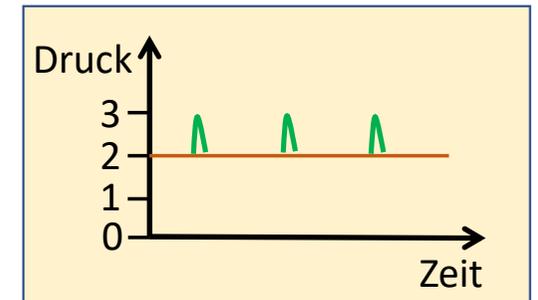
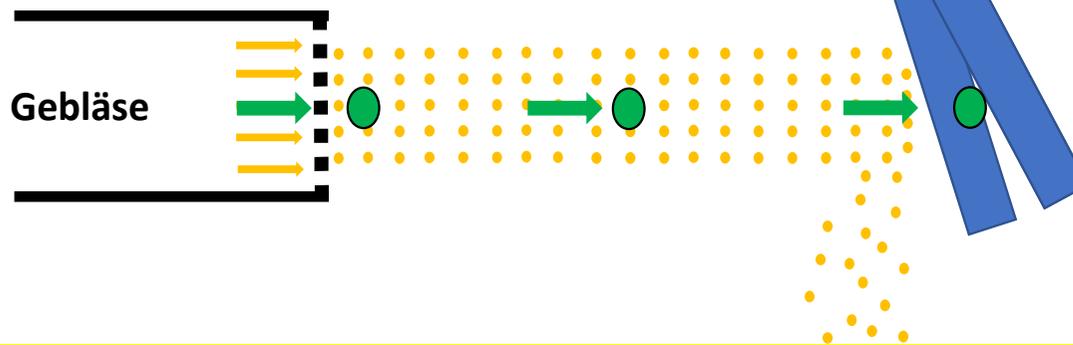
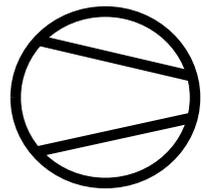
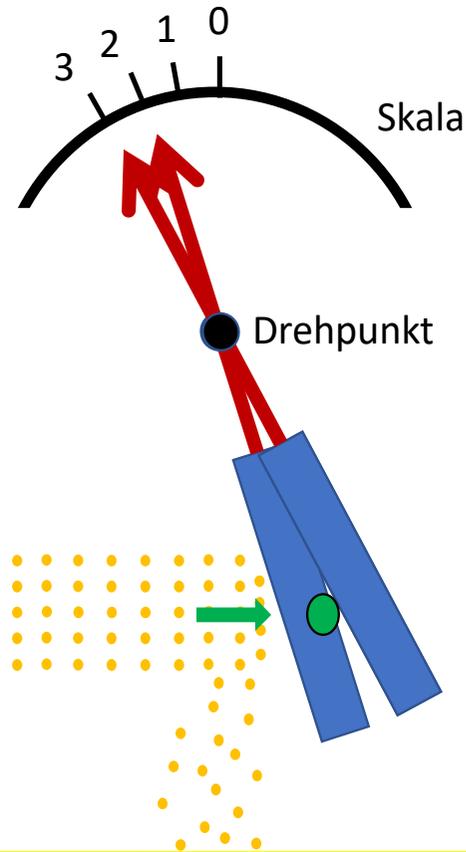


Platte



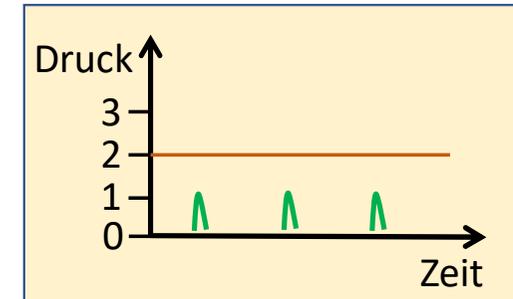
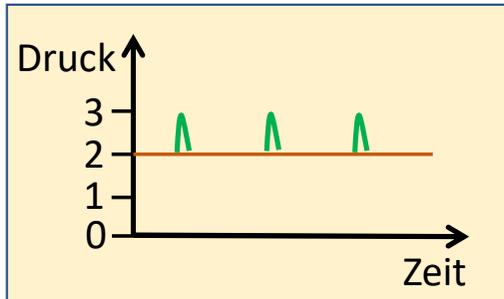
D)

Das Sandgebläse ist eingeschaltet, die Sandkörner geben ihren Impuls an die Platte ab, entsprechend einem gleichförmigen Druck von 2 Skalenteilen (=Rauschuntergrund). Zusätzlich werden einzelne Steinchen auf die Platte entsprechend der Pulsfrequenz des Windrades geschossen, welche jeweils die Druckanzeige um eine Einheit von 2 auf 3 impulsartig erhöhen.
(= Druckimpulsspitzen des Windrades plus Rauschuntergrund)



Obwohl die Impulsabgabe der Steinchen (=Druckimpulse des Windrades) in diesem Fall geringer ist, als der permanente Druck durch den Sandstrom (=Rauschuntergrund), wird das Steinchen mit seinem vollen Impuls entsprechend der Stärke $3 \text{ minus } 2 = 1$ registriert.

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 **omnipräsente 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 **omnipräsente 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.

4. Einwände zum LUBW-Mess-Bericht in Kürze

- Die von LUBW gemessenen **Höhen der Schalldruck-Impulse unterhalb 10 Hz** sind gegenüber den Messungen der BGR um den Faktor 100 und mehr niedriger. Dies kann nur an der Messtechnik und der Signalverarbeitungstechnik der LUBW liegen.
- Die **Rauschunterdrückung der Messtechnik** der LUBW ist unzureichend, ab 700 m Entfernung lassen sich die Windradimpulse nicht mehr aus dem Rauschuntergrund lösen.
- Die **Vergleiche der gemessenen Druckpulse** des Windrades mit einer Vielzahl anderer Geräuschquellen (von der Waschmaschine bis zur Meeresbrandung) belegen, dass LUBW den gesundheitsrelevanten Wirkungsmechanismus der Druckwellen des Windrades auf die gegenüber Wechseldruck empfindlichen vielfältigen Rezeptoren unseres Körpers nicht erkannt hat.

Die Messungen der LUBW sind somit nicht geeignet, um die **gesundheitliche Gefährdung** im Nahfeld von Windrädern zu beurteilen.

Die **Qualitätssicherung der BGR im internationalen Verbund** sowohl zur Messtechnik als auch zu Ausbreitungsrechnungen spricht dafür, dass die Ergebnisse der BGR korrekt sind. LUBW steht in der Verantwortung, die Diskrepanz seiner Messungen zur BGR zu klären.