

Windenergieanlagen und Infraschall: Keine Evidenz für gesundheitliche Beeinträchtigungen – eine physikalische, medizinische und gesellschaftliche Einordnung

Wind turbine and infrasound: No evidence for health-related impairment – a physical, medical and social report

Autoren

Susanne Koch¹, Stefan Holzheu², Martin Hundhausen³

Institute

- 1 Charité – Universitätsmedizin Berlin, Klinik für Anästhesiologie mit Schwerpunkt operative Intensivmedizin, Campus Virchow-Klinikum, Berlin
- 2 BayCEER, Universität Bayreuth
- 3 Department Physik, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg

Schlüsselwörter

Infraschall, Windenergieanlage, Schlafstörungen, Lärm

Key words

infrasound, wind turbine, sleep disturbances, noise

Bibliografie

Dtsch Med Wochenschr 2022; 147: 112–118

DOI 10.1055/a-1685-5436

ISSN 0012-0472

© 2022. Thieme. All rights reserved.

Georg Thieme Verlag KG, Rüdigerstraße 14,
70469 Stuttgart, Germany

Korrespondenzadresse

Priv. Doz. Dr. med. Susanne Koch
Klinik für Anästhesiologie mit Schwerpunkt operative
Intensivmedizin

Charité – Universitätsmedizin Berlin, Campus Charité Mitte
und Virchow-Klinikum, Augustenburger Platz 1,
D-13353 Berlin, Deutschland

Tel.: +49/30/4 50 65 10 78

Fax: +49/30/4 50 55 10 19

susanne.koch@charite.de

ZUSAMMENFASSUNG

Aufgrund der Diskussion über gesundheitliche Folgen von Schallemissionen und Infraschall von Windenergieanlagen, fassen wir hier im Rahmen eines narrativen Reviews die

Studienlage zusammen und stellen die physikalischen Fakten vor. Infraschall unterschiedlichster Quellen umgibt uns täglich, wobei Windenergieanlagen keine besonders hohen Emissionen verursachen. Epidemiologische Studien zeigen keinen Zusammenhang zwischen Windenergieanlagen und der Inzidenz von Diabetes mellitus, Herzinfarkten, Schlaganfällen und Bluthochdruck; nur eine häufigere Verschreibung von Schlafmitteln war nachweisbar. Allerdings zeigen objektiv erhobene Schlafparameter keine Assoziation zu Windenergieanlagen. Gesundheitliche Klagen treten vermehrt auf, wenn Anti-Windkraft-Gruppen aktiv sind, was dafür spricht, dass psychogene Einflüsse und Nocebo-Effekte eine wichtige Rolle spielen. Bei fehlender wissenschaftlicher Evidenz für gesundheitliche Beeinträchtigungen durch Windenergieanlagen ist ein Ausbremsen des Ausbaus erneuerbarer Energien nicht zu rechtfertigen.

ABSTRACT

Based on the recent discussion about health impacts of wind turbine noise and infrasound emissions, we present the physical facts and summarize related studies in a narrative review. We are exposed to infrasound emissions from different sources, where wind turbine farms do not cause particularly high infrasound emissions. Epidemiological studies found no association between wind turbine farms and the incidence of diabetes mellitus, heart attacks, strokes and medication with antihypertensive drugs, but a more frequent prescription of sleep medication. In contrast, key indicators of objective sleep outcomes are not impacted by wind turbine noise. Health complaints are more frequently proven, if anti-wind-turbine-groups were active, which is consistent with the psychogenic hypotheses with nocebo effects likely play an important role. Without evidence of health impacts from wind turbine farms, an ongoing slowdown in the urgently needed expansion of renewable energies is not justifiable.

Einleitung

In den letzten Jahrzehnten, mit zunehmendem Ausbau von Windenergieanlagen in Deutschland, hat das Thema „Gesundheitliche Folgen von Windenergieanlagen“ und hier insbesondere von Infraschall (< 20 Hz) ein hohes Interesse in der Öffentlichkeit erhalten. In den Medien und insbesondere im Internet kursieren jedoch zum Teil unausgewogene, missverständliche und irreführende Artikel, die zu einer Verunsicherung der Öffentlichkeit führen.

Hier möchten wir im Rahmen eines narrativen Reviews die Literatur und wissenschaftlichen Daten zu gesundheitlichen Beeinträchtigungen von Windenergieanlagen zusammenfassen und zum allgemein besseren Verständnis die physikalischen Grundlagen zum Thema Infraschall darstellen. In den Schlussfolgerungen legen wir die gesellschaftlichen Zusammenhänge dieser aktuellen Diskussion in Politik und Medien, vor allem unter Berücksichtigung der gesundheitlichen Konsequenzen dar.

Physikalische Fakten zu Infraschall

Physikalisch handelt es sich bei hörbarem Schall und Infraschall um dasselbe Phänomen [1]. Beide Schallarten werden daher mit den gleichen physikalischen Größen beschrieben: Schalldruck (Amplitude) und Frequenz. Die Frequenz beschreibt die Anzahl der Schwingungen pro Sekunde und wird in Hertz (Hz) angegeben. Der Schalldruck hat die Einheit Pascal (Pa). Ein Pa entspricht der Gewichtskraft von 0,1 kg auf einem Quadratmeter und beträgt damit nur 1/100 000 des Standard-Luftdrucks. Oft wird der Schalldruck in der logarithmischen Hilfseinheit Dezibel bezogen auf den Referenzdruck 20 µPa angegeben, wobei dann 0 dB diesem Referenzdruck von 20 µPa entsprechen. Somit ergibt eine Steigerung um 20 dB eine Verzehnfachung der Schalldruckamplitude. Eine weitere wichtige Größe ist die Schalleistung, die zum Quadrat des Schalldrucks proportional ist. Daher entsprechen 20 dB Unterschied einem Schalleistungsunterschied um den Faktor 100 (► **Tab. 1**).

Nach der Internationalen ISO-Norm 7196 (1995) wird Luftschall mit einer Frequenz unter 20 Hz als Infraschall bezeichnet [2]. Die Darstellung, dass Infraschall mit Frequenzen unterhalb von 20 Hz generell nicht hörbar ist, ist nicht korrekt. Das empfind-

lichste Organ für Schall und auch Infraschall im menschlichen Körper ist das Ohr [3]. Jedoch erfordert es umso größere Schalldruckpegel, je niedriger die Frequenz ist, d. h. die Hörschwelle nimmt mit abnehmender Frequenz zu. Die menschliche Hörschwelle liegt bei einer Schallfrequenz von 200 Hz bei circa 14 dB. Im Infraschallbereich von 10 Hz liegt die Hörschwelle allerdings schon bei ungefähr 100 dB [3].

Im Alltag sind wir ständig Infraschallwellen ausgesetzt. Allein durch den Druckgradienten in der Atmosphäre von ca. 12 Pa/m setzt sich ein spielendes Kind auf einer Schaukel oder einem Trampolin Druckschwankungen in der Größenordnung von einigen Pascal aus. In Dezibel entspricht dies Druckschwankungen von über 100 dB. Trotzdem hört man diesen Infraschall nicht, da die Wahrnehmungsschwelle bei einer Schaukeleffektivfrequenz von circa 0,5 Hz noch oberhalb von 120 dB liegt. Auch Windböen oder das Schließen von Türen und Fenstern verursachen Druckschwankungen von mehreren Pascal, entsprechend > 100 dB. In fahrenden PKWs werden je nach Fahrsituation und Straßenbelag Schalldruckpegel von 90–120 dB erreicht.

Merke

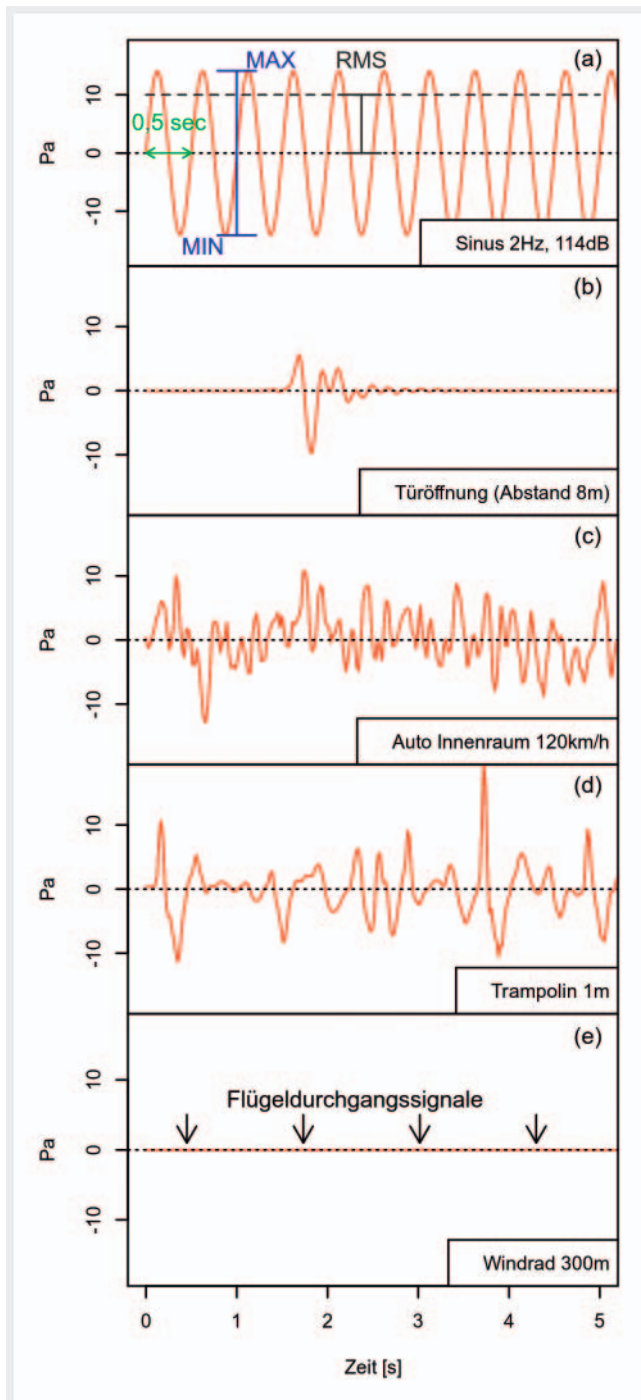
Wir sind von Infraschallwellen alltäglich umgeben, wobei die Infraschallemissionen von Windenergieanlagen niedrig sind, verglichen z. B. mit Infraschallwellen im Innenraum eines fahrenden Autos.

Trotz der Alltäglichkeit von Infraschall wird in der öffentlichen Diskussion Infraschall fast ausschließlich mit Windenergieanlagen in Verbindung gebracht, obwohl dies wissenschaftlich nicht zu begründen ist. Beim Flügeldurchgang vor dem Turm einer Windenergieanlage entsteht ein Infraschallsignal, welches verglichen mit den zuvor genannten Quellen selbst im Nahbereich (300 m) deutlich schwächer ist und sich in der Größenordnung von 0,1 Pa oder rund 60 dB bei einer Frequenz von ungefähr 1–5 Hz befindet. Damit liegen die Infraschallemissionen von Windenergieanlagen weit unterhalb der menschlichen Hörschwelle [3] (► **Abb. 1**).

Zur Bewertung der Wahrnehmbarkeit von Infraschall wandelt man das Zeitsignal in ein Frequenzspektrum um und fasst alle Frequenzen in einem definierten Frequenzbereich in einem sogenannten Terzpegel zusammen (► **Abb. 2**). Der Terzpegel ist die

► **Tab. 1** Umrechnungstabelle von der Einheit Pascal (Pa) nach Dezibel (dB) und die entsprechende Zunahme des Schalldruckes und der Schalleistung. RMS steht für Root-Mean-Square und ist der Effektivwert eines Schallsignals [37].

Druckdifferenz (Max–Min)	Amplitude (RMS)	dB (relativ zu 20µPa)	Zunahme des Schalldrucks	Zunahme der Schalleistung
56,6 µPa	20 µPa	0 dB	1	1
566 µPa	200 µPa	20 dB	10	100
5,66 mPa	2 mPa	40 dB	100	10 000
56,6 mPa	20 mPa	60 dB	1000	1000 000
566 mPa	200 mPa	80 dB	10 000	100 000 000
5,66 Pa	2 Pa	100 dB	100 000	10 000 000 000
56,6 Pa	20 Pa	120 dB	1000 000	1000 000 000 000



► **Abb. 1** Darstellung von unterschiedlichen Infraschallmessungen. Luftdruckänderungen eines 2Hz-Sinus-Signals von 114 dB **a** und verschiedener alltäglicher Infraschallquellen **b–d** im Vergleich zu den Druckänderungen im Nahbereich eines Windrads **e**. Höhere Ausschläge entsprechen einem stärkeren Infraschallsignal. Wie man erkennt, ist das Signal eines Windrads in 300 m Abstand im Vergleich zu den anderen Quellen vernachlässigbar gering. Die Messungen erfolgten mit einem Differenzdrucksensor (Sensirion SDP610–25 Pa).

energetische Summe aller Schmalbandpegel in dem definierten Frequenzbereich. Terzpegel liegen daher immer oberhalb des größten Schmalbandpegels.

Auch einige Zellen in unserem Körper sind starken natürlichen Druckschwankungen bei Frequenzen unterhalb 20 Hz ausgesetzt (z. B. Herzmuskel, Lunge). Eine übliche Herzfrequenz von 60–80 Schlägen pro Minute entspricht einer Frequenz von 1–1,25 Hz. Der Druck im Herz schwankt zwischen 0 und 120 mmHg (16 000 Pa), was einem Infraschallsignal von über 160 dB entspricht. Die Lunge erzeugt bei der Ein- und Ausatmung Druckschwankungen von ± 100 Pa bzw. ungefähr 130 dB bei einer Atemfrequenz von 12–18/min bzw. circa 0,2 Hz.

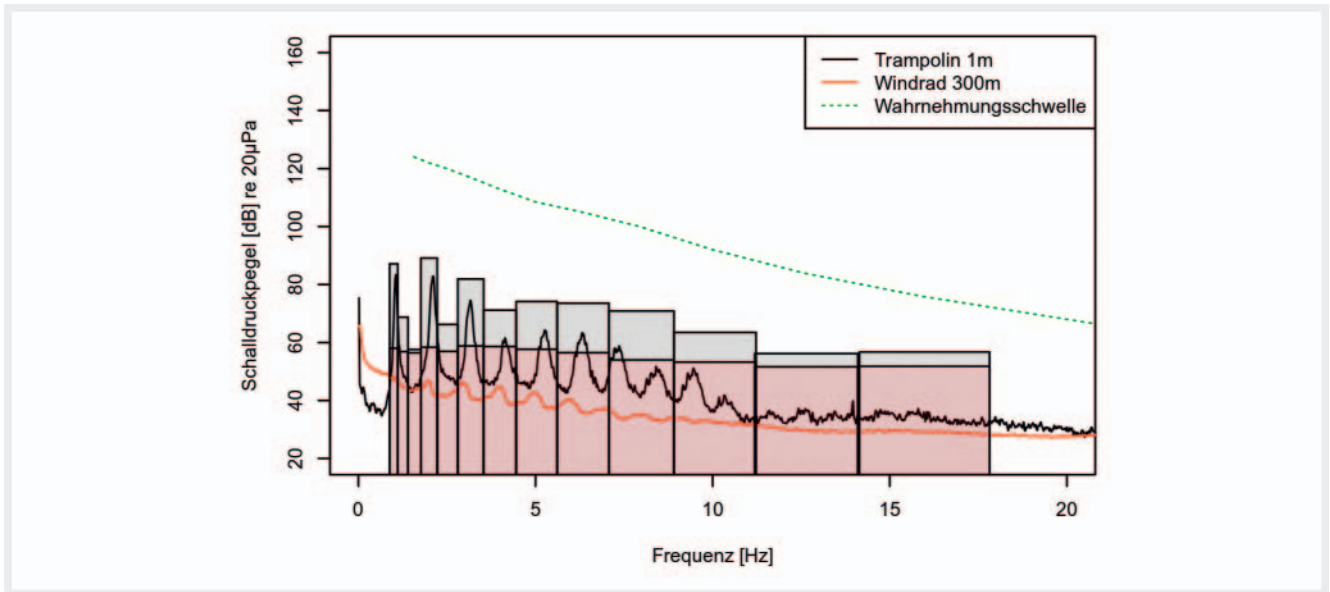
Es gibt keine medizinische Evidenz, dass diese alltäglichen Druckänderungen für Zellen gefährlich sind. Selbst sehr hohe Schalldruckpegel von 125 dB, wie sie z. B. beim Start eines Düsenjets in 100 m Entfernung auftreten, bedürfen keiner besonderen Schutzausrüstung. Lediglich das Ohr als empfindlichster Sensor muss geschützt werden.

Gesundheitliche Folgen von Schallemissionen von Windenergieanlagen

Hier geben wir einerseits einen Überblick über die wissenschaftliche Datenlage zum Thema gesundheitliche Folgen von Windenergieanlagen und andererseits fokussieren wir auf das Thema gesundheitliche Folgen von Infraschallemissionen. Die wichtigsten Publikationen zu dem Thema haben wir im Rahmen einer PubMed-Suche mit den Schlagworten „Wind Turbine Noise and Health“ sowie „Infrasound and Health“ ermittelt. Anschließend haben wir weitere Publikationen zu dem Thema aus den Referenzlisten der ausgewählten Publikationen hinzugefügt.

Gesundheitliche Folgen von Infraschall

Bezogen auf den Infraschallbereich gibt es bisher keine Feldstudien, die seinen Gesundheitseffekt gezielt untersucht haben [4]. Es existieren jedoch klinisch experimentelle Studien, die den Effekt von Infraschallemissionen auf die kognitiven Fähigkeiten und die neuronale Konnektivität im Resting-State fMRI [5, 6] untersucht haben. In einer weiteren Studie wurde die Kontraktibilität an menschlichen Myokardzellen während der Beschallung mit Infraschallwellen untersucht [7]. Allerdings ist hier anzumerken, dass bei allen 3 Studien Infraschall-Druckpegel appliziert wurden, die weit oberhalb der Werte liegen, die in 300 m Entfernung von Windenergieanlagen erreicht werden [Windenergieanlage in 300 m Entfernung: 60dB; fMRI kognitive Fähigkeiten: 115 dB–124 dB; fMRI neuronale Konnektivität: 87dB–124 dB; Kontraktibilität der Myokardzellen: 100 dB–120 dB]. Auch die applizierten Frequenzen lagen bei diesen Messungen oberhalb der Hauptemissionsfrequenzen von Windenergieanlagen [Windenergieanlage: 1–5 Hz; fMRI kognitive Fähigkeiten: 12 Hz; fMRI neuronale Konnektivität: 12 Hz; Kontraktibilität der Myokardzellen: 16 Hz]. Interessanterweise konnte durch die Infraschall-Stimulation des Gehirns in den fMRI-Studien eine Steigerung der neuronalen Konnektivität, ebenso wie eine Verbesserung der kognitiven Fä-



► **Abb. 2** Frequenzspektren von zwei ausgewählten Drucksignalen. Jeweils Schmalbandpegel (Pegelbandbreite 0,02 Hz) und Terzpegel, gemessen in 1 m Entfernung beim Trampolinspringen (schwarze Linie) und in 300 m Entfernung von einem Windrad (rote Linie). Die hohen Pegel neben einem Trampolin liegen deutlich unter der Wahrnehmungsschwelle, ebenso wie die Pegel gemessen im Nahbereich einer Windenergieanlage mehrere Größenordnungen unter der Wahrnehmungsschwelle liegen [3, 36]. Die Messungen erfolgten mit einem Differenzdrucksensor (Sensirion SDP610–25 Pa). Die Berechnung der Frequenzspektren wurde mit dem R-Paket „Infrasonic2“ durchgeführt (Infraschall – Messung und Auswertung, <https://www.bayceer.uni-bayreuth.de/infraschall/>).

higkeiten im Bereich des Kurzzeitgedächtnisses nachgewiesen werden [5, 6].

Merke

Die gezielte Applikation von hochpotenten Infraschallwellen kann die zerebrale Konnektivität (fMRI) erhöhen und somit kognitive Fähigkeiten steigern.

Bei der Exposition der Myokardzellen mit hohen Infraschall-Pegeln zeigte sich eine Reduktion der Kontraktilität [7]. Da Myokardzellen dauerhaft Druckschwankungen von etwa 160 dB ausgesetzt sind, ist dieses Ergebnis jedoch überraschend. Es könnte vermutet werden, dass, ggf. durch den Versuchsaufbau, neben dem Infraschall auch andere Einflussgrößen diesen Effekt ausgelöst haben könnten.

Gesundheitliche Folgen von Schallemissionen durch Windenergieanlagen

In Dänemark, wo mittlerweile ca. 40 % der Energie von Windenergieanlagen produziert wird, wurden im Rahmen von Bevölkerungsdatenabfragen gesundheitliche Beeinträchtigungen bei Menschen, die in der Nähe von Windenergieanlagen leben, untersucht. In diesen Erhebungen zeigte sich kein Zusammenhang zwischen den Schallemissionen der Windenergieanlagen und dem Auftreten einer Diabetes-mellitus-Erkrankung [8], Herzinfarkten oder Schlaganfällen [9], der Verordnung von Bluthochdruck-Medikamenten [10] oder Komplikationen während der Schwangerschaft sowie Frühgeburtlichkeit oder niedrigem Geburtsgewicht

[11]. In einer weiteren Studie dieser Arbeitsgruppe zeigte sich jedoch ein Zusammenhang zu der Verordnung von Schlafmitteln und Antidepressiva [12]. Letztlich sind diese Erhebungen „nur Assoziationen“ und erklären nicht kausal die gefundenen Zusammenhänge. Die Beeinträchtigung der Schlafqualität ist eine häufig vorgetragene Beschwerde von Menschen, die in der Nähe von Windenergieanlagen leben. Allerdings konnte in einer kürzlich publizierten Metanalyse, die nur Studien einschloss, die entweder auf klinischen Testungen (Polysomnografie, Actigrafie) basierten oder auf der Erhebung von validierten Schlaffragebögen bei Probanden, kein Zusammenhang gefunden werden zwischen der Schlaf-Onset-Latenz, der gesamten Schlafdauer, der Schlaffeffizienz und dem Auftreten von Wachphasen nach Schlafbeginn bei Personen, die in der Nähe von Windenergieanlagen leben, verglichen mit Menschen ohne Exposition [13]. So zeigte sich zum Beispiel in einer Studie aus Kanada an 1238 Menschen, in der die Probanden die Einschränkungen ihrer Schlafqualität beklagten, ein signifikanter Zusammenhang mit dem persönlich empfundenen Ärger über Windenergieanlagen, mit dem Konsum von Kaffee, der Einnahme von Schlafmedikamenten und dem Vorhandensein anderer chronischer Erkrankungen, jedoch nicht mit der Exposition von Schallemissionen durch Windenergieanlagen [14].

Merke

Es gibt keine wissenschaftliche Evidenz für eine gesundheitliche Beeinträchtigung oder für Schlafstörungen ausgelöst durch Schallemissionen von Windenergieanlagen.

In einer randomisierten Studie wurde untersucht, wie viel Einfluss die Erwartungshaltung der Menschen bezogen auf einen mögli-

chen Einfluss des Infraschalls auf ihre Gesundheit nimmt [15]. Hier zeigte sich ein deutlicher Einfluss auf Symptome wie Kopfschmerzen, Nervosität und subjektivem „Ohrdruck“ der Probanden, wenn vorher ein Video mit negativen Darstellungen von Infraschall auf die Gesundheit angeschaut wurde. Dies war nicht der Fall, wenn ein Video mit positiver Darstellung von Infraschall auf die Gesundheit gezeigt wurde [15]. Diese körperlichen Symptome waren reversibel, wenn den Probanden der Einfluss von Nocebo-Effekten erklärt wurde [16, 17]. Diese Studien weisen darauf hin, dass durch die Präsentation von negativen gesundheitlichen Einflüssen durch Windenergieanlagen in öffentlichen Medien (TV, Internet, Zeitungen, ...) oder durch Behörden die Erwartungshaltung in der Bevölkerung negativ beeinflusst werden kann, während neutrale oder positive Berichte dazu führen, dass körperliche Symptome nicht auftreten oder wieder reversibel sind. Diesbezüglich ist eine Studie aus Australien sehr aufschlussreich, die die Jahre von 1993–2012 umfasst [18]. Es zeigte sich, dass bei 64,7 % (n = 33) der Windenergieanlagen keinerlei Klagen bezüglich gesundheitlicher Probleme bekannt wurden und insgesamt nur einer von 254 Menschen, die in der Nähe von Windenergie-Anlagen wohnen, gesundheitliche Probleme äußerte. Bemerkenswerterweise lebten 73 % der Menschen, die gesundheitliche Beschwerden beklagten, in der Nähe von 6 Windenergieanlagen, bei denen Anti-Windenergie-Gruppen aktiv waren. Weiterhin traten 90 % dieser Klagen erst *nach* 2009 auf, nachdem die Anti-Windenergie-Gruppen ihre Arbeit aufgenommen hatten [18].

Diese Studien zeigen einerseits, wie problematisch es sein kann, dem Betrieb von Windenergieanlagen gesundheitliche Erkrankungen zuzuordnen, obwohl es dafür keine wissenschaftliche Evidenz gibt, und andererseits, wie wichtig solche gesundheitlichen Befürchtungen für das individuelle Wohlbefinden sind.

Merke

Klagen über gesundheitliche Beeinträchtigungen durch Schallemissionen von Windenergieanlagen sind beeinflusst von psychogenen Effekten und dem Nocebo-Effekt, wobei die Verbreitung von bedrohlichen „Fake-News“ signifikant mit den individuell berichteten gesundheitlichen Beeinträchtigungen assoziiert sind.

Schlussfolgerung und allgemeine gesellschaftliche Bedeutung

Die akustische Umweltbelastung steigt mit zunehmender Globalisierung der Transportwege und einer deutlichen Siedlungsverdichtung in Großstädten in den letzten Jahrzehnten. Durch Nutzung fossiler Energieträger hat sich in den letzten Jahrzehnten die Klimakrise entwickelt, wobei die planetaren Grenzen der Klimaerwärmung in gefährliche Nähe rücken [19]. Die 1,5°-Schwelle der globalen Erwärmung könnte ungefähr im Jahr 2030 überschritten werden, ein Level, das vom Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) als gefährlich eingestuft wurde [20, 21]. Hitzewellen nehmen deutlich zu, was auch in Europa zu vermehrten hitzebedingten Todesfällen führt. Allein im Sommer 2003 starben etwa 70 000 Menschen in Europa an den Folgen einer Hitzewelle [22]. Die Nutzung fossiler Energieträger beeinträchtigt

unsere Gesundheit allerdings direkt durch die Exposition von Luftschadstoffen wie Feinstaub und Stickstoffdioxiden. In Deutschland sterben jährlich ca. 80 000 Menschen vorzeitig an den Folgen der Luftverschmutzung [23]. So sind ungefähr 36 % der Todesfälle von Lungenkrebs, etwa 34 % der Todesfälle nach Schlaganfall und ca. 27 % der Todesfälle nach Herzerkrankungen auf die Exposition mit Luftschadstoffen durch Nutzung fossiler Energieträger zurückzuführen [24].

Merke

Jährlich sterben in Deutschland um die 80 000 Menschen an den Folgen der Luftverschmutzung durch Nutzung fossiler Energieträger, wobei diese Todesraten durch eine vermehrte Nutzung erneuerbarer Energien deutlich reduziert werden könnten.

Um die Klimakrise aufzuhalten und einen weiteren dramatischen Anstieg weltweiter Todesfälle zu verhindern, ist jetzt ein schneller Ausbau von erneuerbaren Energieträgern weltweit und auch in Deutschland dringend geboten. In Deutschland stehen Windenergieanlagen und Photovoltaikanlagen an erster Stelle, wobei die installierte Leistung der Windenergie an Land von aktuell 55 GW (Gigawatt) auf 130 GW im Jahr 2050 wachsen muss, was einer jährlichen Zubaurate von etwa 5,5 GW entspricht [25]. Leider kam es in den letzten beiden Jahren, 2019 und 2020, zu einem deutlichen Rückgang des Ausbaus von Windenergieanlagen in Deutschland um 66 % im Vergleich zu den Vorjahren und zu einer Zubaurate von nur 0,9 GW (2019) bzw. 1,4 GW 2020 [26]. Eine weitere Zuspitzung dieser Dynamik ist durch die Verabschiedung des § 249 Abs. 3 des BauGB vom 14.08.2020 zu befürchten, wodurch ein Abstand von bis zu 1000 m von einer Windenergieanlage bis zum nächstgelegenen Wohngebäude in den Landesgesetzen festgeschrieben werden kann [Baugesetzbuch § 249, Sonderregelungen zur Windenergie, Absatz (3)] [26]. Gerade in der Mindestabstandsdebatte wurden von Anti-Windenergie-Gruppen immer wieder die gesundheitlichen Risiken von Infraschallemissionen als Argument eingebracht. Besonders aktiv sind „Vernunftkraft“ [27] und der „Bundesverbandes Landschaftsschutz (BLS)“ [28]. Diese Vereine initiieren deutschlandweit Klagen von vermeintlichen Bürgerinitiativen, um den Ausbau von Windenergieanlagen in Deutschland auszubremsen. Hervorzuheben ist hierbei, dass die Vorstände dieser beiden Vereine sehr gute Verbindungen ins Bundeswirtschaftsministerium, zur Energiewirtschaft und zu politischen Entscheidungsstrukturen in unserem Lande haben: Nikolai Ziegler ist 1. Vorsitzender von Vernunftkraft und 2. Vorsitzender des BLS und arbeitet im BMWi (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie) [29–31]; Thomas Mock, Rechtsbeistand des BLS, arbeitet für die Hydro-Aluminium-Deutschland-GmbH und ist geladener Sachverständiger beim Deutschen Bundestag und dem Landtag in Nordrhein-Westfalen [32–34]. Diese Art von Anti-Windenergie-Gruppen werden den „Astroturfing-Organisationen“ zugerechnet. Das sind Vereine, die Graswurzel-Bewegungen und Bürgerinitiativen vortäuschen, aber in Wirklichkeit auf der gezielten Lobbyarbeit fossiler Energieunternehmen basieren [35]. Astroturf ist eine Kunstrasenfirma in den USA, die für diese Art der vorgetäuschten Graswurzel-Bewegung unfreiwillig ihren Namen hergeben musste. Das Ziel dieser Organisationen ist es, den Ausbau von erneuerbaren Energien

(Windenergieanlagen und Photovoltaik) möglichst lang zu verzögern. Ihr Hauptprodukt ist es, Zweifel zu streuen und die Energie wende so weit wie möglich hinauszuzögern. Abweichende wissenschaftliche Publikationen, wie z. B. die jüngst aufgedeckten fehlerhaften Schalldruckpegel-Berechnungen der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR), werden gezielt genutzt, um Zweifel und Bedenken in Bezug auf vermeintliche gesundheitliche Risiken von Infraschallemissionen durch Windenergieanlagen zu streuen.

Fazit

Basierend auf unserer physikalischen Einordnung konnten wir zeigen, dass Windenergieanlagen nicht die anthropogene Quelle mit besonders hohen Infraschallemissionen sind. Alle Studien, die auf objektiven, wissenschaftlichen Messdaten bzw. validierten Fragebogenerhebungen beruhen, zeigten keine Assoziation zwischen Schallemissionen von Windenergieanlagen und gesundheitlichen Beeinträchtigungen. Allerdings haben weitere Studien gezeigt, dass eine negative Erwartungshaltung der Bevölkerung dazu führen kann, dass gesundheitliche Beeinträchtigungen beklagt werden und dass erst nach Intervention der „Astroturf“-Anti-Windenergie-Gruppen die Klagen über gesundheitliche Beeinträchtigungen signifikant zugenommen haben.

Die maximale erlaubte Lärmbelastung durch Windenergieanlagen ist wie für alle technischen Anlagen im Bundesimmissionschutzgesetzes (BimSchG) und der Technischen Anleitung zum Schutz gegen Lärm (TALärm) geregelt. Die Vorgaben für nächtlichen Lärm liegen zwischen 70 dB für Industriegebiete und 35 dB für Erholungsgebiete und in der Nähe von Krankenhäusern. Der notwendige Abstand wird für jedes Projekt anhand von Schallberechnungen festgelegt, wobei zum Beispiel bei Einzelanlagen in der Nähe von Industriegebieten auch schon Abstände von ca. 150 m ausreichend sein können. Bei Einhaltung der von BimSchG und TALärm vorgegebenen Lärmvorgaben sind darüber hinausgehende Abstände von Wohngebäuden zu Windenergieanlagen, wie sie Anti-Windenergieverbände mit angeblich gefährlichen Infraschall-Emissionen begründen, anhand wissenschaftlicher Daten nicht zu begründen.

Angesichts der im Vergleich zu anderen Infraschallquellen geringen Infraschallbelastung durch Windenergieanlagen und den bisher wissenschaftlich nicht nachgewiesenen gesundheitlichen Beeinträchtigungen empfehlen wir dringend, pauschale Mindestabstände von 1000 m und mehr für Windenergieanlagen zu revidieren. Die ungleich größeren gesundheitlichen Gefahren durch die Klimakrise sind ernst zu nehmen und entsprechende politische Entscheidungen dringend notwendig. Die Studienlage bezüglich der Todesraten im Rahmen von Hitzewellen und basierend auf der Luftverschmutzung in unseren Städten ist eindeutig und weltweit wissenschaftlicher Konsens. Jedes Ausbremsen eines Ausbaus von Windenergieanlagen in Deutschland aufgrund wissenschaftlich fragwürdiger Berichte zu Gesundheitsbeeinträchtigungen durch Infraschall erscheint in dieser Zusammenschau zynisch und zutiefst unmenschlich.

KERNAUSSAGEN

- Wir sind von Infraschallwellen alltäglich umgeben, wobei die Infraschallemissionen von Windenergieanlagen niedrig sind, verglichen z. B. mit Infraschallwellen im Innenraum eines fahrenden Autos.
- Die gezielte Applikation von hochpotenten Infraschallwellen kann die zerebrale Konnektivität (fMRI) erhöhen und somit kognitive Fähigkeiten steigern.
- Es gibt keine wissenschaftliche Evidenz für gesundheitliche Beeinträchtigungen oder Schlafstörungen, die durch Schallemissionen von Windenergieanlagen ausgelöst werden könnten.
- Klagen über gesundheitliche Beeinträchtigungen durch Schallemissionen von Windenergieanlagen sind beeinflusst von psychogenen Effekten und dem Nocebo-Effekt, wobei die Verbreitung von bedrohlichen „Fake-News“ signifikant mit den individuell berichteten gesundheitlichen Beeinträchtigungen assoziiert ist.
- Jährlich sterben in Deutschland ungefähr 80 000 Menschen an den Folgen der Luftverschmutzung durch die Nutzung fossiler Energieträger, wobei diese Todesraten durch eine vermehrte Nutzung erneuerbarer Energien deutlich reduziert werden könnten.

Interessenkonflikt

Die Autorinnen/Autoren geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Literatur

- [1] Harten U. Physik für Mediziner. 16th ed. Berlin Heidelberg New York: Springer Verlag; 2020. doi:10.1007/978-3-662-61356-6
- [2] International Organization for Standardization, Genf. International Organization for Standardization ISO 7196 (1995). Acoustics – Frequency weighting for infrasound measurements. Im Internet (Stand: 26.10.2021): <https://www.iso.org/standard/13813.html>
- [3] Leventhall G. What is infrasound? Progress in Biophysics and Molecular Biology 2007; 93: 130–137. doi:10.1016/j.pbiomolbio.2006.07.006
- [4] Freiberg A, Schefter C, Girbig M et al. Health effects of wind turbines on humans in residential settings: Results of a scoping review. Environ Res 2019; 169: 446–463. doi:10.1016/j.envres.2018.11.032
- [5] Weichenberger M, Kühler R, Bauer M et al. Brief bursts of infrasound may improve cognitive function – an fMRI study. Hear Res 2015; 328: 87–93. doi:10.1016/j.heares.2015.08.001
- [6] Weichenberger M, Bauer M, Kühler R et al. Altered cortical and subcortical connectivity due to infrasound administered near the hearing threshold – Evidence from fMRI. PLoS One 2017; 12 (4): 1–19. doi:10.1371/journal.pone.0174420
- [7] Chaban R, Ahmed G, Geordiade E et al. Negative Effect of High-level Infrasound on Human Myocardial Contractility: In-vitro Controlled Experiment. Noise & Health 2021; 23 (109): 57–66. doi:10.4103%2Fnah.NAH_28_19
- [8] Poulsen AH, Raaschou-Nielsen O, Pena A et al. Long-term exposure to wind turbine noise at night and risk for diabetes: A nationwide cohort study. Environ Res 2018; 165: 40–45. doi:10.1016/j.envres.2018.03.040

- [9] Poulsen AH, Raaschou-Nielsen O, Pena A et al. Long-Term Exposure to Wind Turbine Noise and Risk for Myocardial Infarction and Stroke: A Nationwide Cohort Study. *Environ Health Perspect* 2019; 127 (3): 1–10. doi:10.1289/EHP3340
- [10] Poulsen AH, Raaschou-Nielsen O, Pena A et al. Long-term exposure to wind turbine noise and redemption of antihypertensive medication: A nationwide cohort study. *Environ Int* 2018; 121 (1): 207–215. doi:10.1016/j.envint.2018.08.054
- [11] Poulsen AH, Raaschou-Nielsen O, Pena A et al. Pregnancy exposure to wind turbine noise and adverse birth outcomes: a nationwide cohort study. *Environmental Research* 2018; 167: 770–775. doi:10.1016/j.envres.2018.09.011
- [12] Poulsen AH, Raaschou-Nielsen O, Pena A et al. Impact of Long-Term Exposure to Wind Turbine Noise on Redemption of Sleep Medication and Antidepressants: A Nationwide Cohort Study. *Environ Health Perspect* 2019; 127 (3): 1–9. doi:10.1289/EHP3909
- [13] Liebich T, Lack L, Hansen K et al. A systematic review and meta-analysis of wind turbine noise effects on sleep using validated objective and subjective sleep assessments. *J Sleep Res* 2020; 1–24. e13228. doi:10.1111/jsr.13228
- [14] Michaud DS, Feder K, Keith SE et al. Effects of Wind Turbine Noise on Self-Reported and Objective Measures of Sleep. *Sleep* 2016; 39 (1): 97–109. doi:10.5665/sleep.5326
- [15] Crichton F, Dodd G, Schmid G et al. The power of positive and negative expectations to influence reported symptoms and mood during exposure to wind farm sound. *Health Psychol* 2014; 33 (12): 1588–1592. doi:10.1037/hea0000037
- [16] Crichton F, Petrie KJ. Health complaints and wind turbines: The efficacy of explaining the nocebo response to reduce symptom reporting. *Environ Res* 2015; 140: 449–455. doi:10.1016/j.envres.2015.04.016
- [17] Crichton F, Petrie KJ. Accentuate the positive: Counteracting psychogenic responses to media health messages in the age of the Internet. *J Psychosom Res* 2015; 79 (3): 185–189. doi:10.1016/j.jpsychores.2015.04.014
- [18] Chapman S, George AS, Waller K et al. The pattern of complaints about Australian wind farms does not match the establishment and distribution of turbines: support for the psychogenic, 'communicated disease' hypothesis. *PLoS One* 2013; 8 (10): 1–11. doi:10.1371/journal.pone.0076584
- [19] Steffen W, Richardson K, Rockström J et al. Sustainability. Planetary boundaries: guiding human development on a changing planet. *Science* 2015; 347: 1–12. doi:10.1126/science.1259855
- [20] Xu Y, Ramanathan V. Well below 2 degrees C: Mitigation strategies for avoiding dangerous to catastrophic climate changes. *Proc Natl Acad Sci U S A* 2017; 114 (39): 10315–10323. doi:10.1073/pnas.1618481114
- [21] Xu Y, Ramanathan V, Victor DG. Global warming will happen faster than we think. *Nature* 2018; 564: 30–32. doi:10.1038/d41586-018-07586-5
- [22] Robine JM, Cheung SLK, Le Roy S et al. Death toll exceeded 70,000 in Europe during the summer of 2003. *C R Biol* 2008; 331 (2): 171–178. doi:10.1016/j.crv.2007.12.001
- [23] Ortiz AG, Guerreiro C, Soares J et al. Air quality in Europe – 2020 report. European Environment Agency (EEA) and European Topic Centre on Air Pollution, Noise, Transport and Industrial Pollution (ETC/ATNI) 2020; 9: 1–162. doi:10.2800/786656
- [24] Lelieveld J. Reducing Air Pollution: Avoidable Health Burden. In: Al-Delaimy WK, Ramanathan V, Sánchez Sorondo M, Hrsg Health of People, Health of Planet and Our Responsibility. 1. Aufl. Cham, Schweiz: Springer Open; 2020: 105–120. doi:10.1007/978-3-030-31125-4
- [25] Agora-Energiewende. Sofortprogramm Windenergie an Land (November 2020). Im Internet (Stand: 22.05.2021): https://static.agora-energiewende.de/fileadmin/Projekte/2020/2020-01_DE-RE-Boost-2030/A-EW_198_OnshoreSofort_WEB.pdf
- [26] Fachagentur Windenergie an Land. Ausbausituation der Windenergie an Land im Jahr 2020 (Februar 2021). Im Internet (Stand: 26.10.2021): https://www.fachagentur-windenergie.de/fileadmin/files/Veroeffentlichungen/Analysen/FA_Wind_Zubauanalyse_Wind-an-Land_Gesamt_jahr_2020.pdf
- [27] Vernunftkraft – Bundesinitiative für vernünftige Energiepolitik. Unsere Mission (Oktober 2021). Im Internet (Stand: 26.10.2021): <https://www.vernunftkraft.de/mission/>
- [28] Bundesverband Landschaftsschutz e.V. Satzung des Bundesverbandes Landschaftsschutz e.V. – §2 Aufgaben und Zweck (28.09.2015). Im Internet (Stand: 26.10.2021): http://bls-landschaftsschutz.de/website/01_unsere_ziele/index.php
- [29] taz. Kaffeekränzchen beim Minister – Altmaiers Kontakte zu Windkraftgegnern (12.03.2020). Im Internet (Stand: 26.10.2021): <https://taz.de/Altmaiers-Kontakte-zu-Windkraftgegnern/15667478/>
- [30] Bundesministerium für Wirtschaft und Energie. Organisationsplan Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (15.09.2021). Im Internet (Stand: 26.10.2021): https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Downloads/M-O/organisationsplan-bmwi.pdf?__blob=publicationFile&v=218
- [31] Greenpeace. Die Gegner der Energiewende (Februar 2021). Im Internet (Stand 26.10.2021): https://www.greenpeace.de/sites/www.greenpeace.de/files/publications/gegner_der_windkraft.pdf
- [32] Lobby Control. Unser Revier: die Bürgerinitiative und die Braunkohlelobby (11.05.2016). Im Internet (Stand: 14.09.2021): <https://www.lobbycontrol.de/2016/05/die-buergerinitiative-und-die-braunkohlelobby/>
- [33] Landtag Nordrhein-Westfalen. Drucksache 17/7394, Landtag Nordrhein-Westfalen, Beschlussempfehlung und Bericht des Ausschusses für Wirtschaft, Energie und Landesplanung (11.09.2019). Im Internet (Stand: 14.09.2021): <https://www.landtag.nrw.de/portal/WWW/dokumentenarchiv/Dokument/MMD17-7394.pdf>
- [34] Deutscher Bundestag, Ausschuss für Wirtschaft und Energie. Wortprotokoll der 50. Sitzung, (14.10.2015). Im Internet (Stand: 14.09.2021): <https://www.bundestag.de/resource/blob/393868/ec7d9232ab01b280de5a1ae59f040fe5/wortprotokoll-data.pdf>
- [35] Mann ME. The new climate war – the fight to take back our planet. 1st ed. London: Scribe Publications; 2021. ISBN: 978-1-913348-68-71–271
- [36] Prime Minister's Office: Finland, Government Administration Department, Publications. Infraound does not explain symptoms related to wind turbines (22.06.2020). Im Internet (Stand: 26.10.2021): <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/162329>
- [37] Möser M. Technische Akustik. 8. Aufl. Dordrecht, Heidelberg, London, New York: Springer Verlag; 2009. doi:10.1007/978-3-540-89818-4