
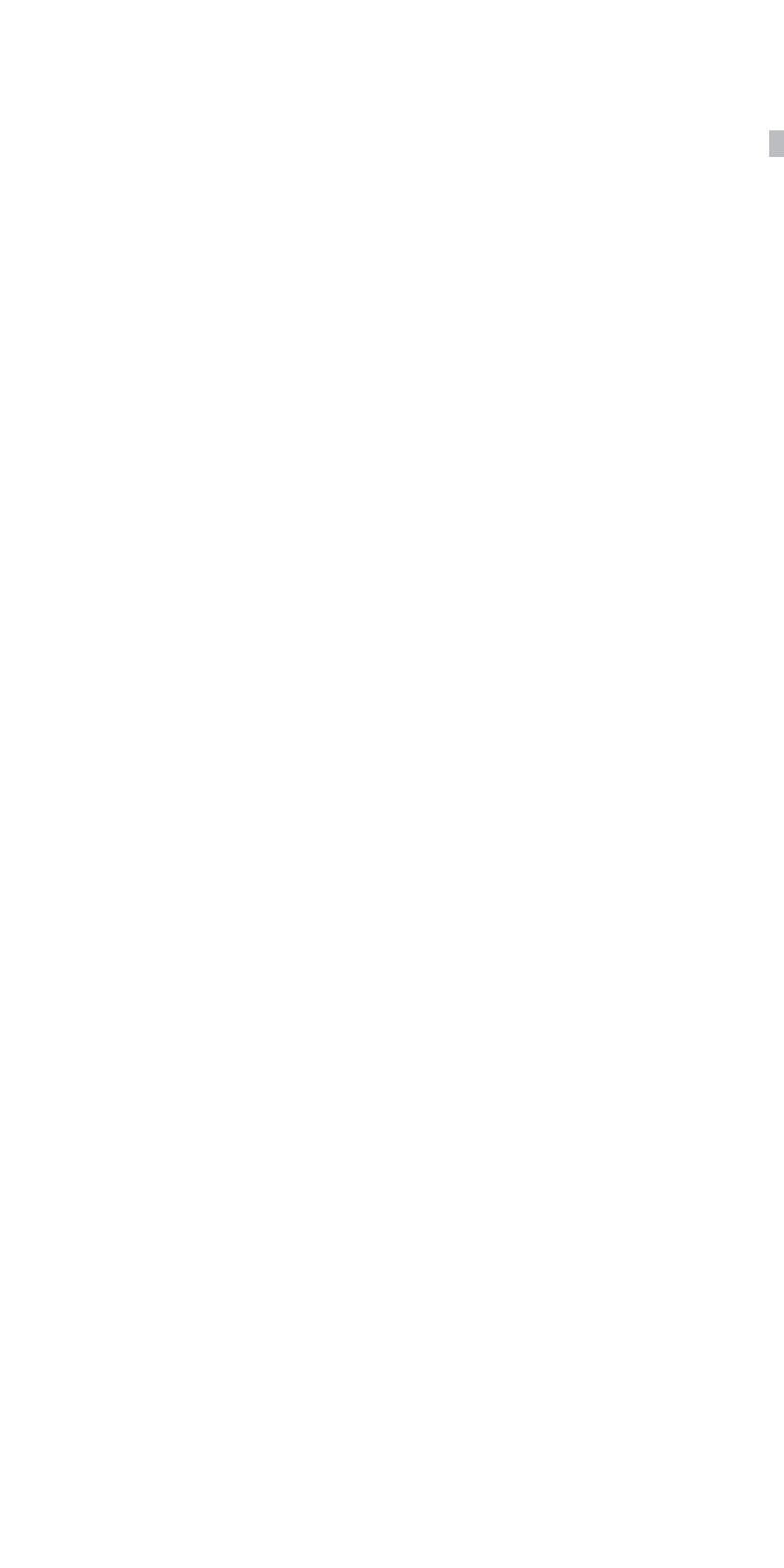




Fragen und Antworten zu Windenergie und Schall

 Behauptungen und Fakten





Fragen und Antworten zu Windenergie und Schall

 Behauptungen und Fakten



- HERAUSGEBER** LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und
Naturschutz Baden-Württemberg
76231 Karlsruhe, Postfach 100163
www.lubw.baden-wuerttemberg.de
- BEARBEITUNG** Kompetenzzentrum Windenergie der LUBW
Referat 34 – Technischer Arbeitsschutz, Lärmschutz
windenergie@lubw.bwl.de
- BILDNACHWEIS** LUBW (Seite 1)
ESA-Arianespace (Seite 8)
Fotolia (alle weiteren Bilder)
- STAND** November 2015 (1. Auflage)

EINFÜHRUNG
7
FRAGEN UND ANTWORTEN (FAQ)

1. Windenergie und Schallenergie	8
2. Messungen der BGR	9
3. Infraschall und TA Lärm	10
4. Schwingungen im Körper	11
5. Psychosomatische Wirkungen	12
6. Infraschallexperiment London	13
7. Das „Windturbinen-Syndrom“	14
8. Stimulation von Gehirnströmen	15
9. Abstände und WHO	16
10. Vorsorgeabstand 700 m	17
11. Abstandsregelung in Großbritannien	17
12. Reize im Innenohr	18
13. Studie zur Schlafqualität	19
14. Nocebo-Effekte	21
15. Sensible Personen	22
16. Großer Forschungsbedarf?	24
17. Windenergie in Dänemark	26
18. ICD-Code Infraschall?	28

ANHANG: ERLÄUTERUNGEN UND LITERATUR
29

Einführung

Die Energiewende wird in der Öffentlichkeit intensiv diskutiert. In den letzten Jahren haben sich zahlreiche Initiativen sowohl für als auch gegen die Windenergie gebildet. Über Windenergieanlagen und ihre möglichen Wirkungen auf Menschen, Tiere und Umwelt sind im Internet, auf Foren und in Vorträgen vielfältige Aussagen anzutreffen. Vor allem zum Aspekt Infraschall gibt es eine breite Palette von Meinungen. Viele Menschen sind mittlerweile verunsichert und haben Fragen.

In dieser Broschüre greifen wir Fragen auf, die immer wieder an uns herangetragen wurden. Dabei versuchen wir in verständlicher Form Antworten zu geben, die auf wissenschaftlich gesicherten Daten und Fakten beruhen. Das Landesgesundheitsamt Baden-Württemberg hat die Aussagen geprüft und trägt sie mit.

Im Internet finden Sie diese und weitere Informationen unter der Adresse www.lubw.de, Themenportal Erneuerbare Energien, Bereich Windenergie.

1. Windenergie und Schallenergie

FRAGE

Es wird behauptet, Windenergieanlagen würden mehr als die Hälfte der Windenergie in Schallwellen umwandeln. Moderne Anlagen würden somit Lärm im Megawatt-Bereich erzeugen. Die Rotorblätter von Windenergieanlagen zählen zu den effektivsten Erzeugern von hörbarem Schall und Infraschall, die es in der Industrie gibt. Stimmt das?

ANTWORT

Windenergieanlagen wandeln keineswegs einen großen Teil der Energie aus dem Wind in Schall bzw. Infraschall um. In erster Linie transformieren sie die Bewegungsenergie des Windes in elektrischen Strom – allerdings nur zum Teil, denn ihr Wirkungsgrad ist begrenzt. In der Praxis können moderne Windenergieanlagen maximal die Hälfte der Energie des Windes, der durch die Rotorfläche weht, als Strom ins Netz einspeisen. Der Rest verbleibt als Bewegungsenergie im Wind selbst.

Eine Schalleistung von einem Megawatt (1 000 000 Watt) entspricht der Lärmemission eines Raketentriebwerks. Wären die Behauptungen richtig, müssten moderne Windenergieanlagen lauter sein als Raketentriebwerke. Richtig ist: Wie viele andere technische Anlagen erzeugen Windenergieanlagen sowohl hörbare Geräusche als auch Infraschall. Insgesamt strahlen sie jedoch vergleichsweise wenig Schall ab. Über den gesamten Frequenzbereich betrachtet, emittiert eine typische Anlage eine Schalleistung von einigen Watt und liegt damit millionenfach unter den behaupteten Werten. Der von Windrädern erzeugte Infraschall ist im Vergleich mit Autos oder Flugzeugen gering. Die akustisch wirksame Leistung des hörbaren Schallanteils liegt bei 20 bis 50 Milliwatt – und damit sogar milliardenfach niedriger als behauptet.



2. Messungen der BGR

FRAGE

Die Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) hat hoch empfindliche Messungen von Infraschall durchgeführt. Nach deren Berechnungen erreicht Infraschall mit einer Frequenz von wenigen Hertz (Hz) [1] bei gängigen Windenergieanlagen erst in einer Entfernung von rund 10 km den Wert der Hintergrundgeräusche. Ist das nicht ein Beweis dafür, dass der Infraschall von Windenergieanlagen unsere Lebensräume akustisch verseucht und normale Messgeräte untauglich sind?

ANTWORT

Die BGR ist Betreiberin von drei Infraschall-Messstationen in der Antarktis, im Bayerischen Wald und in der Nähe von Bremen. Diese sind Teil des internationalen Überwachungssystems zur Einhaltung des Kernwaffen-Teststopp-Abkommens. Jedes System besteht aus fünf Messaufnehmern, die mehrere hundert Meter voneinander entfernt und geometrisch ausgerichtet sind. Die Zusammenführung sämtlicher Messdaten verleiht dem System Eigenschaften vergleichbar einer Richtantenne, so dass es zur Signalpeilung benutzt werden kann.

Die hohe Empfindlichkeit einer solchen Überwachungsanlage ist Voraussetzung, um einen eventuellen Kernwaffentest überhaupt erfassen zu können. Naturgemäß lässt sich auch Infraschall registrieren, der von anderen Quellen wie beispielsweise Windenergieanlagen ausgeht. Die BGR hat im Jahre 2004 mehrwöchige Feldmessungen an einem freistehenden Windrad bei Hannover durchgeführt. Ergebnis der Untersuchung war unter anderem, dass sich rein rechnerisch die emittierten Infraschallwellen noch in einer Entfernung von mehr als 10 km nachweisen lassen könnten [2].

Solche Erkenntnisse sind für den Betreiber von Messeinrichtungen zur Überwachung auf Kernwaffentests von großer Bedeutung. Denn es ist oberstes Ziel, ungestörte Registrierungen auch der schwächsten Signale zu gewährleisten. Die Spezial-Messsysteme der BGR sind zwar extrem empfindlich, aber stark richtungselektiv. Handelsübliche akustische Messeinrichtungen erfassen hingegen den Schall aus allen Richtungen, wie es beim menschlichen Ohr der Fall ist. Mit hochwertigen Messgeräten und speziellen Infraschall-Mikrofonen lassen sich die Geräuschimmissionen einschließlich Infraschall zutreffend erfassen.

3. Infrasschall und TA Lärm

FRAGE

Es wird behauptet, die Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm (TA Lärm, 1998) würde neuere wissenschaftliche Erkenntnisse bei der akustischen Beurteilung von Anlagen nicht berücksichtigen. Ist es richtig, dass sie auch keinen Schutz vor Infrasschall und tieffrequenten Geräuschen von Windenergieanlagen bietet?



ANTWORT

Windenergieanlagen erzeugen wie viele andere technische Anlagen Geräusche in einem weiten Schallspektrum. Dazu gehören auch tieffrequente Geräusche und Infrasschall. Die Auswirkungen dieser Geräuschemissionen müssen im konkreten Genehmigungsverfahren nach dem Bundes-Immissionsschutzgesetz geprüft werden. Das Gesetz verweist hierbei auf die TA Lärm [3]. Diese stellt in Deutschland die zentrale Beurteilungsgrundlage für Geräusche dar, welche von gewerblichen bzw. industriellen Anlagen ausgehen. Sie wurde zuletzt im Jahre 1998 novelliert. Das bedeutet aber nicht, dass sie inzwischen nicht mehr dem technisch-wissenschaftlichen Stand entspricht. Die TA Lärm berücksichtigt nämlich durchaus auch Infrasschall und tieffrequente Geräusche. Für diesen Frequenzbereich sind ausdrücklich besondere Mess- und Beurteilungsverfahren vorgesehen, die in der DIN-Norm 45 680 [4] sowie im dazugehörigen Beiblatt 1 „Messung und Beurteilung tieffrequenter Geräuschemissionen in der Nachbarschaft – Hinweise zur Beurteilung bei gewerblichen Anlagen“ festgelegt sind. Dabei werden Schallwellen mit

Frequenzen bis hinunter zu 8 Hz berücksichtigt, also auch wesentliche Teile des Infraschallbereichs. Messungen an Windenergieanlagen, bei denen auch der Frequenzbereich unterhalb 8 Hz erfasst wurde, zeigen übereinstimmend, dass der enthaltene Infraschall auch im Nahbereich zwischen 150 m und 300 m deutlich unter der Wahrnehmungsschwelle des Menschen liegt [5].

4. Schwingungen im Körper

FRAGE

Es wird behauptet, dass der menschliche Körper ein schwingfähiges System darstellt. Tieffrequenter Schall von Windenergieanlagen könne Resonanzphänomene im menschlichen Organismus verursachen. Dies berge die Gefahr einer gesundheitlichen Schädigung. Stimmt das?

ANTWORT

Der menschliche Körper stellt ein schwingfähiges System dar: Tieffrequenter Schall kann bei sehr hohen Pegeln Schwingungen im menschlichen Organismus hervorrufen, z. B. wenn man bei einem Rockkonzert vor dem Basslautsprecher steht. Windenergieanlagen sind jedoch weder solch starke Quellen, noch werden nennenswerte mechanische Schwingungen in den Boden unter der Anlage eingeleitet. Vielmehr bewegen sich die mechanischen Schwingungen bereits in wenigen 100 m Entfernung auf dem Niveau des allgemeinen Hintergrundes. In mehreren hundert Metern Abstand von Windenergieanlagen sind solche Resonanzeffekte völlig ausgeschlossen, da die Schallintensität dazu millionenfach zu niedrig ist. Die Behauptung, Windenergieanlagen würden Resonanzeffekte im menschlichen Körper auslösen und ihn dadurch gesundheitlich schädigen, trifft daher nicht zu.



5. Psychosomatische Wirkungen

FRAGE

Gelegentlich trifft man auf die Behauptung, Anwohner in der Nähe von Windenergieanlagen würden häufig unter psychosomatischen Symptomen wie Frustration, Einschlafschwierigkeiten, Schlafstörungen, Furcht, Müdigkeit, Druck im Ohr, Kopfschmerzen, Nervosität und Konzentrationsmangel leiden. Diese Symptome würden durch tieffrequenten Schall und Infraschall der Windenergieanlagen ausgelöst. Stimmt das?

ANTWORT

Es gibt keine gesicherten Erkenntnisse, aus denen diese Behauptungen abgeleitet werden können. Vielmehr lässt sich zeigen, dass die Behauptungen im Wesentlichen auf eine einzelne Studie der englischen Universität Salford zurückgehen, die im Jahre 2011 veröffentlicht wurde. Der Bericht mit dem Titel „Vorschläge für Beurteilungskriterien von tieffrequentem Lärm“ [6] enthält eine Analyse subjektiver Lärmbeschwerden. Er zeigt auf, dass über die Hälfte der Personen, die sich über tieffrequenten Lärm beschwerten, über die Symptome Frustration, Einschlafschwierigkeiten, Schlafstörungen, Furcht, Müdigkeit, Druck im Ohr, Kopfschmerzen, Nervosität und Konzentrationsmangel klagten.

Dies bedeutet jedoch nicht, dass diese Personen wirklich überdurchschnittlich mit tieffrequentem Lärm belastet waren. Es bedeutet auch nicht, dass diese weit verbreiteten Beschwerden wirklich ursächlich in Zusammenhang mit tieffrequenten Geräuschen stehen.

Datenbasis des Berichtes sind übliche Lärmbeschwerden, wie sie seit vielen Jahrzehnten an Umweltämter herangetragen werden. Die Wissenschaftler konnten nur bei einem kleinen Teil der Beschwerdeführer eine überdurchschnittliche Belastung mit tieffrequenten Geräuschen feststellen. Ein Bezug zu Windenergieanlagen ist nicht gegeben: Im Bericht sind Geräusche von Windenergieanlagen auf mehr als 100 Seiten nicht erwähnt.

6. Infraschallexperiment London

FRAGE

Es wird behauptet, Wissenschaftler hätten bei einem Experiment mit 700 Teilnehmern herausgefunden, dass ein signifikanter Anteil von 22 % der befragten Teilnehmer bei Anwesenheit von Infraschall Empfindungen wie Beklemmung, Unbehagen, extreme Traurigkeit, Reizbarkeit verbunden mit Übelkeit oder Furcht sowie Druck auf der Brust verspürten. Dieses Ergebnis würde klar zeigen, dass Infraschall im unhörbaren unterschwelligem Bereich, wie er in der Umgebung von Windenergieanlagen auftritt, akute Gesundheitsbeschwerden auslöst. Stimmt das?

ANTWORT

Ein derartiges Experiment wurde im Mai 2003 von britischen Wissenschaftlern im Rahmen des Projekts „Experiment: Zwiegespräch von Kunst und Wissenschaft“ in der Londoner Konzerthalle Purcell Room tatsächlich durchgeführt. Die 700 Teilnehmer wurden dabei nicht nur mit Musik beschallt, zusätzlich wurde ein Infraschall-Sinuston von 17 Hz und einem Schallpegel von 90 dB [7] erzeugt. 22 % der Zuschauer beurteilten die Darbietung mit Infraschall als unangenehm und erlebten Furcht, gedrückte Stimmung und Unbehagen. Die Wahrnehmungsschwelle nach DIN 45 680 liegt für diese Frequenz bei 77 dB. Der Schallpegel bei diesem Experiment lag somit deutlich darüber, also nicht mehr im unhörbaren unterschwelligem Bereich. Die Schallintensität lag energetisch etwa 10 000-fach höher als in der Umgebung einer Windenergieanlage. Zum Vergleich siehe z. B. die Messergebnisse in [8].

Der Infraschall-Ton war bei diesem Experiment nur deshalb schwerer wahrnehmbar, weil zeitgleich laute Musik abgespielt wurde. Ein relativ hoher Anteil der Besucher konnte die Frage, ob der Infraschall ein- oder ausgeschaltet war, aber trotzdem richtig beantworten. Diese ergänzenden Erläuterungen machen deutlich: Das Experiment zeigt nicht, dass Infraschall im unhörbaren unterschwelligem Bereich akute Gesundheitsbeschwerden verursacht. Zudem sind die Umstände dieses Experiments vollkommen andere als etwa in der Nachbarschaft von Windenergieanlagen.

7. Das „Windturbinen-Syndrom“

FRAGE

Es wird behauptet, Frau Dr. Pierpont hätte in den USA den Nachweis erbracht, dass der Infraschall von Windenergieanlagen beim Menschen das sogenannte Windturbinen-Syndrom auslösen kann. Dieses äußere sich in zwölf Hauptsymptomen: Schlafstörungen, Kopfschmerzen, Tinnitus (Ohrpfeifen), Ohrendruck, Schwindel, Drehschwindel, Übelkeit, Sehstörungen, Herzrasen, Reizbarkeit, Konzentrations- und Erinnerungsprobleme sowie Panikattacken – gekoppelt mit dem Gefühl, dass die inneren Organe pulsieren oder zittern. Stimmt das?

ANTWORT

Im März 2006 kontaktierte Frau Dr. Nina Pierpont Menschen, die in der Nähe von Windenergieanlagen leben und ihre gesundheitlichen Beschwerden auf diese zurückführen. Sie befragte 23 Personen telefonisch und erhielt von ihnen Informationen zu Symptomen von weiteren 15 Personen. Darauf basierend schuf sie ein neues Krankheitsbild und nannte es „Windturbinen-Syndrom“ („Visceral Vibratory Vestibular Disturbance“, das bedeutet „vibrationsbedingte Störung des Gleichgewichtsorgans“). Sie beschreibt es mit den oben genannten zwölf Hauptsymptomen. Frau Dr. Pierpont veröffentlichte ihre Ergebnisse 2009 in einem knapp 300-seitigen englischsprachigen Buch mit dem Titel „Wind Turbine Syndrom – A Report on a Natural Experiment“ [9]. Die Inhalte des Buches haben sich inzwischen weltweit verbreitet. Bei Kampagnen gegen die Windkraft tritt Frau Dr. Pierpont als „Sachverständige“ auf.

Bei näherer Betrachtung zeigt sich, dass die Studie lediglich auf der Grundlage von 23 Telefonaten ohne begleitende medizinische Untersuchungen oder akustische Messungen durchgeführt wurde. Laut Aussage

der Expertinnen und Experten des hessischen Faktenchecks Infraschall [5] handelt es sich um eine medizinische Fallbeschreibung, die keinen Rückschluss auf ursächliche Zusammenhänge zwischen Windenergieanlagen und den beschriebenen Symptomen auf Bevölkerungsebene zulässt. Die Studie wurde bisher



nicht in Fachmedien publiziert und ist in der Fachwelt nicht anerkannt. Sie bietet jedoch Anhaltspunkte für weitere Untersuchungen an großen Stichproben, in denen die Messung von Infraschall und tieffrequentem Schall mit der Befragung von Anwohnern kombiniert werden sollte. Fazit: Das sog. „Windturbinen-Syndrom“ ist als medizinisch anerkanntes Krankheitsbild nicht existent.

8. Stimulation von Gehirnströmen

FRAGE

Es wird behauptet, dass durch unterschwelligen tieffrequenten Schall bestimmte Gehirnströme stimuliert und moduliert werden können. Damit sei belegt, dass von Windenergieanlagen eine Gesundheitsgefahr ausgeht. Stimmt das?

ANTWORT

Die Aussagen stammen aus einem Artikel, der im Jahre 2008 unter dem Titel „Infraschall von Windkraftanlagen als Gesundheitsgefahr“ [10] verbreitet wurde. Darin ist unter anderem Folgendes zu lesen: „Es konnte experimentell nachgewiesen werden, dass bestimmte Gehirnschwingungen durch tieffrequenten Schall stimuliert und moduliert werden können und sich somit eine künstlich herbeigeführte labile emotionale Lage erzeugen lässt.“

Die Autoren beziehen sich dabei auf einen Bericht über eine medizinisch unzulängliche und letztlich abgebrochene Untersuchung bei einer Einzelperson. Die Fragestellung der Untersuchung war nur in allgemeiner Form definiert. Die Probandin wurde jeweils informiert, wenn sie Schall ausgesetzt war, der „nicht hörbar“, aber angeblich „gesundheitsschädlich“ war. Daraufhin spiegelte sich die emotionale Reaktion der Patientin in den Gehirnströmen wider. Um den Einfluss einer negativen Erwartungshaltung zu vermeiden, werden solche Untersuchungen normalerweise verblindet durchgeführt, d. h. die Versuchspersonen und gegebenenfalls sogar die Versuchshelfer erhalten keine Informationen über die Versuchsbedingungen und ihre zeitliche Abfolge. Bei akustischen Untersuchungen ist außerdem wesentlich, dass zusätzlich auch stets der Schallpegel gemessen wird. Dies ist in diesem Fall nicht erfolgt.

Der Bericht wurde in keiner Fachzeitschrift veröffentlicht. Es ist auch nicht erkennbar, dass er als Beitrag für eine wissenschaftliche Debatte verfasst wurde. Aus dem Bericht lassen sich daher keine allgemein gültigen Aussagen über Infraschall und eine Gesundheitsgefahr durch Infraschall von Windenergieanlagen ableiten.



9. Abstände und WHO

FRAGE

Es wird behauptet, die Weltgesundheitsorganisation (WHO) fordere für Windenergieanlagen einen Mindestabstand von 2 000 m zu bewohnten Gebäuden. Manchmal wird die WHO-Forderung auch mit 1 500 m, 3 000 m oder der 10-fachen Anlagenhöhe zitiert. Welche der Angaben ist richtig?

ANTWORT

Auf Anfrage der LUBW teilte die WHO mit Schreiben vom 22.03.2013 mit, dass sie weder Richtlinien speziell für Lärm von Windenergieanlagen noch Empfehlungen zu Abständen zwischen Windenergieanlagen und Wohnbebauung veröffentlicht hat. Die oft zitierten WHO-Mindestabstände von Windenergieanlagen zum bebauten Gebiet gibt es nicht. Allgemeine Hinweise zum nächtlichen Schutz vor Lärm werden in der WHO-Veröffentlichung „Night Noise Guidelines for Europe“ aus dem Jahre 2009 gegeben. Als Vorsorgewert zur Vermeidung von gesundheitsrelevanten Effekten, auch für besonders empfindliche Personen wie z. B. Kinder oder Kranke, wird ein Außenpegel von 40 dB(A) für die Nacht genannt. Dies entspricht dem Immissionswert der TA Lärm für allgemeine Wohngebiete.

10. Vorsorgeabstand 700 m

FRAGE

Es wird kritisiert, der im Windenergieerlass Baden-Württemberg vom 09.05.2012 empfohlene planerische Vorsorgeabstand von 700 m zwischen Windenergieanlagen und Gebieten mit Wohnbebauung sei zu gering, um vor den Geräuschen der Anlagen zu schützen. Ist diese Kritik berechtigt?



ANTWORT

Der Vorsorgeabstand von 700 m zu Wohngebieten nach Nr. 4.3 des Windenergieerlasses [11] ist ein Richtwert für die Regionalplanung und die Flächennutzungsplanung. Bei diesem Abstand wird erfahrungsgemäß nachts ein Außenpegel von 40 dB(A) eingehalten. Für die Steuerung einer sachgerechten Flächenplanung ist der empfohlene Richtwert von 700 m sinnvoll und ausreichend. Für die Genehmigung einer Windenergieanlage und damit für die Festlegung der konkret erforderlichen Abstände sind jedoch darüber hinaus die gesetzlichen Vorschriften des Bundes-Immissionsschutzgesetzes bzw. der TA Lärm maßgeblich. Im Rahmen des Genehmigungsverfahrens wird jeder Einzelfall geprüft. Dabei müssen Nachweise über die Lärmemissionen der Windenergieanlage und die Lärmeinwirkungen in der Umgebung vorgelegt werden. Bei dieser Einzelfallprüfung können sich höhere, aber auch niedrigere Abstände ergeben.

11. Abstandsregelung in Großbritannien

FRAGE

Es wird behauptet, in Großbritannien sei für Windenergieanlagen ein Mindestabstand von 3 000 m zu Wohnhäusern gesetzlich vorgeschrieben. Gleichzeitig wird gefordert, diese Regelung auch für Baden-Württemberg zu übernehmen. Wie ist die Rechtslage in Großbritannien?

ANTWORT

In Großbritannien gibt es bis heute keinen gesetzlichen Mindestabstand zwischen Windenergieanlagen und der Wohnbebauung. Gesetzentwürfe über Mindestabstände zwischen Windenergieanlagen und Wohngebäuden wurden im Parlament des Vereinigten Königreichs bereits dreimal eingebracht: Erstmals in der Sitzungsperiode 2008-2009 auf Initiative des Unterhauses und danach zweimal im Oberhaus. Der letzte Vorstoß erfolgte in der Sitzungsperiode 2012-2013 unter dem Titel „Wind Turbines (Minimum Distance from Residential Premises) Bill“. Die Federführung hatte der inzwischen verstorbene Lord Reay. Das Gesetz hätte in England und Wales Geltung haben sollen. Am 14.05.2012 fand im Oberhaus die erste Gesetzeslesung statt, was den ersten von insgesamt zehn förmlichen Gesetzgebungsschritten darstellt. Seitdem ruht das Vorhaben. Eine gesetzliche Regelung existiert in Großbritannien somit bis heute nicht.



12. Reize im Innenohr

FRAGE

Laut Prof. Alec Salt (Washington University, St. Louis, USA) kann unhörbarer Infraschall speziell von Windenergieanlagen gesundheitsschädlich sein. Die äußeren Haarzellen des Innenohrs seien empfindlich für Infraschall unterhalb der Wahrnehmungsschwelle und würden Nervenimpulse aussenden. Das Gehirn würde diese Nervenimpulse unbewusst wahrnehmen. Stimmt das?

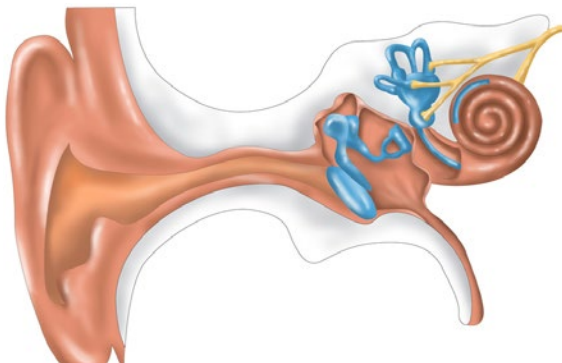
ANTWORT

Die Arbeiten von Prof. Alec Salt zum Thema Windenergie sind wissenschaftlich umstritten und wurden schon vielfach kritisiert, da sie spekulativ und nicht nachvollziehbar sind. Sie gelangen stets zu dem Ergebnis, dass Windenergieanlagen schlecht für die Gesundheit sein können.

Als Grundlage für seine Aussage verwendet Prof. Salt frühere Studien an Meerschweinchen, die starkem Infraschall ausgesetzt wurden. Er konnte nach eigenen Angaben [12] vergleichsweise starke elektrische Impulse im

Innenohr der Meerschweinchen an den äußeren Haarzellen messen. Dies sei ein Nachweis, dass tieffrequente Geräusche das Ohr der Meerschweinchen stark stimulieren. Prof. Salt vermutet, dass diese Erkenntnis auf den Menschen übertragbar sein könnte. Laut den Expertinnen und Experten des hessischen Faktenchecks Infraschall [5] können die Ergebnisse jedoch nicht eins zu eins auf den Menschen übertragen werden. Auch ist die gesundheitliche Relevanz ungeklärt: Denn messtechnisch erfassbare Effekte müssen nicht zwangsläufig zu gesundheitlichen Auswirkungen führen.

Prof. Salt vermutet, möglicherweise könnten Symptome wie Pulsation, Unwohlsein, Stress, Unsicherheit, Gleichgewichtsstörungen, Schwindel oder Übelkeit mit dem unhörbaren Infraschall von Windenergieanlagen einher gehen. Derartige Effekte lassen sich bei sehr hohen Infraschallpegeln zwar beobachten. Es ist jedoch weder nachgewiesen noch plausibel, dass tieffrequente Geräusche mit Pegeln auf dem Niveau natürlicher Geräusche zu solchen Symptomen führen können. Eine Relevanz der Ergebnisse von Prof. Salt für die Risikobewertung von Windkraftgeräuschen ist derzeit nicht erkennbar.



13. Studie zur Schlafqualität

FRAGE

Der Radiologe Dr. Michael A. Nissenbaum (Fort Kent, Maine, USA) ist der Auffassung, dass sich Geräusche von Windenergieanlagen im Umkreis von 1,5 km negativ auf die Schlafqualität und den Gesundheitszustand auswirken. Stimmt das?

ANTWORT

In ihrer Fall-Kontroll-Studie „Auswirkungen des Lärms von industriellen Windenergieanlagen auf Schlaf und Gesundheit“ [13] untersuchten Nissenbaum, Hanning und Aramini den Einfluss von Windkraftanlagen auf Gesundheitsprobleme von Bewohnern zweier ländlicher Regionen in Maine (USA). Die Teilnehmer, die zwischen 375 m und 1 400 m (Fallgruppe) bzw. 3,3 km und 6,6 km (Kontrollgruppe) von den Anlagen entfernt wohnten, mussten Fragebögen zur Schlafqualität, Tagesschläfrigkeit und allgemeinen körperlichen und psychische Gesundheit ausfüllen.



Die Autoren kommen zu dem Schluss, dass die Fallgruppe im Vergleich zur Kontrollgruppe schlechter schlief, während des Tages schläfriger war und einen schlechteren psychischen Gesundheitszustand hatte. Die Studie von Nissenbaum wird weltweit als wissenschaftlicher Beweis zitiert, dass Windparks gesundheitliche Probleme verursachen.

Die untersuchte Situation ist mit der in Deutschland nicht vergleichbar. Rund die Hälfte der Personen in der Fallgruppe wohnte sehr nah an Windenergieanlagen, die kürzeste Entfernung zum Windpark war 375 m. Diese Personen waren nach Angaben der Autoren teilweise Außenpegeln bis 52 dB(A) ausgesetzt. Bei diesen Schallpegeln sind Beeinträchtigungen grundsätzlich zu erwarten. In Deutschland darf in allgemeinen Wohngebieten nachts ein Richtwert von 40 dB(A) nicht überschritten werden. In reinen Wohngebieten gilt nachts sogar ein Richtwert von 35 dB(A). Dies führt zu deutlich größeren Mindestabständen zur Wohnbebauung.

Bei näherer Betrachtung der Studie zeigt sich, dass die Daten praktisch keinen statistischen Zusammenhang zwischen Schlafqualität und Abstand erkennen lassen. Sowohl die Personen in der (kleinen) Fallgruppe als auch in der (kleinen) Kontrollgruppe zählen insgesamt zu den schlechten Schläfern. Es gibt eine breite Streuung von Personen, die gut, mittelmäßig oder schlecht schlafen. Im statistischen Mittel beklagen beide Gruppen eine ähnliche Tagesmüdigkeit.

14. Nocebo-Effekte

FRAGE

Es wird vorgebracht, Menschen in der Nähe von Windenergieanlagen würden häufig unter sogenannten „Nocebo-Effekten“ leiden. Was versteht man darunter?

ANTWORT

Der Placebo-Nocebo-Effekt ist ein eindrückliches Beispiel dafür, wie der Geist mit dem Körper interagiert. Placebo-Effekte sind positive Wirkungen, die auf die Einnahme wirkstofffreier Scheinmedikamente oder auf Scheinbehandlungen zurückzuführen sind. Sie führen zu positiven Veränderungen des subjektiven Befindens und objektiv messbarer körperlicher Funktionen. Die positive Erwartungshaltung gegenüber der Behandlung und die Konditionierung werden als wichtigste Voraussetzungen für das Auftreten des Placebo-Effektes betrachtet. Placebos können genau den Effekt verursachen, den der Patient erwartet. Je stärker die Erwartungshaltung, desto stärker der Effekt. Eine Spritze mit Kochsalzlösung kann erfolgreich Schmerzen lindern, wenn der Patient glaubt, dass die Spritze ein starkes Schmerzmittel enthält. Solche Wirkungen lassen sich der symbolischen Bedeutung einer Heilbehandlung zuschreiben.

Wenn bei einem Placebo die negative Wirkung überwiegt, spricht man von einem Nocebo. Der Nocebo-Effekt wurde entdeckt, als nach Gabe wirkstofffreier Präparate negative Wirkungen auftraten, auf die der Arzt vorher hingewiesen hatte oder die im Beipackzettel verzeichnet waren. Der Nocebo-Effekt beruht im Wesentlichen auf einer negativen Erwartungshaltung und Konditionierung. Sie zeigt sich am deutlichsten in einer krankmachenden Angst vor vermeintlichen Gefahren. Die von Betroffenen beklagten Symptome sind meist Beschwerden, denen psychosomatische Ursachen zugeschrieben werden, z. B. Übelkeit, Kopfschmerzen, Erschöpfung, Schlaflosigkeit oder Benommenheit. Daneben sind auch objektive Symptome diagnostizierbar, z. B. Hautausschlag, erhöhter Blutdruck und erhöhte Herzfrequenz. Eine Sammlung eindrucksvoller Beispiele für Nocebo-Effekte findet sich im Heft 04/2013 des Magazins der Süddeutschen Zeitung [14].

Wissenschaftler der Universität Auckland sind der Frage nachgegangen [15], ob vielleicht die Sorge, dass unhörbarer Infraschall der Gesundheit schadet, eben jene Symptome verursacht, die mit dem von Dr. Nina

Pierpont postulierten „Windturbinen-Syndrom“ verknüpft werden (Siehe Frage 7). In der Studie wurden 54 Teilnehmer in eine Fall- und eine Kontrollgruppe aufgeteilt. Die Fallgruppe wurde durch ein Video mit Leidensberichten rund um Windenergieanlagen konditioniert, um eine negative Erwartungshaltung zu entwickeln. Die Kontrollgruppe sah stattdessen ein Video, in dem Wissenschaftler erklärten, warum Infraschall solche Symptome nicht auslöst. Alle Probanden wurden im Anschluss zehn Minuten lang Infraschall deutlich unterhalb der Hörschwelle und zehn Minuten lang Schein-Infraschall (also Stille) ausgesetzt.

Bei der Kontrollgruppe gab es keine symptomatischen Veränderungen. Die Teilnehmer fühlten sich während der Beschallung genauso wie vorher. Die Fallgruppe, die aufgrund des Films eine negative Erwartungshaltung hatte, berichtete von einer Zunahme ihrer Beschwerden während der Beschallung. Sie hatte deutlich mehr und intensivere Beschwerden im Vergleich zu vorher – unabhängig davon, ob sie Infraschall oder Schein-Infraschall (Stille) ausgesetzt waren. Zudem klagten die Teilnehmer über genau die Symptome, die sie vorher gesehen hatten.



Die Studie zeigt, wie stark Konditionierungen und negative Erwartungshaltungen die Zahl und Intensität gefühlter Symptome vergrößern können. Sie ist deshalb ein Indiz dafür, dass die dem Infraschall zugeschriebenen Gesundheitsbeschwerden mit Nocebo-Effekten erklärbar sind.

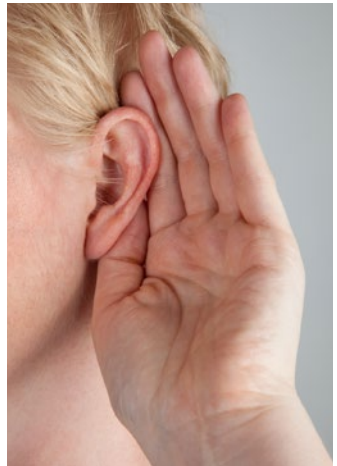
15. Sensible Personen

FRAGE

Man begegnet gelegentlich der Aussage, dass es sensible Menschen gibt, welche unterhalb der Hörschwelle nach DIN 45 680 Infraschall wahrnehmen können. Diese Menschen würden durch Windenergieanlagen beeinträchtigt. Stimmt das?

ANTWORT

Es gibt tatsächlich Personen mit besonders niedriger Wahrnehmungsschwelle für tiefe Frequenzen. Diese Menschen können tieffrequente Geräusche besser hören bzw. wahrnehmen als es nach der Hörschwelle der DIN 45 680 [4] zu erwarten wäre. Die menschliche Hörschwelle ist individuell sehr unterschiedlich. Sie variiert insbesondere am oberen und unteren Ende des Hörspektrums stärker als im mittleren Bereich. Die individuell schwankenden Hörschwellen verteilen sich statistisch um einen Mittelwert. Eine gute Darstellung dieser Hörschwellenverteilung findet sich in Publikationen von Kurakata [16] [17] [18] bzw. zusammenfassend in der Norm DIN ISO 28 961 [4].



Die Hörschwelle der aktuell gültigen Norm DIN 45 680 liegt zwischen der P25- und der P30-Hörschwelle von Kurakata. Das bedeutet: Etwa 25 bis 30 Prozent der Menschen können besser hören bzw. wahrnehmen als es die Hörschwelle der DIN 45 680 beschreibt. Im neuen Entwurf dieser Norm wird im Infraschallbereich eine um etwa 3 dB niedrigere Hörschwelle zugrunde gelegt und als Wahrnehmungsschwelle bezeichnet. Diese Wahrnehmungsschwelle entspricht bei 10 Hz der P10-Hörschwelle. Bei 100 Hz, wo der Bereich der tieffrequenten Geräusche endet, wird sogar die P1-Schwelle leicht unterschritten. Bei dieser Frequenz hören also weniger als ein Prozent der Menschen besser als es die Hörschwelle der neuen Norm beschreibt.

Der Infraschall von Windenergieanlagen liegt um mehrere zehn Dezibel unter der Hörschwelle der alten und der neuen DIN 45 680 [8]. Es ergeben sich auch aus den wissenschaftlichen Untersuchungen zur Hörschwellenverteilung keine Hinweise darauf, dass Menschen mit besonders niedriger Wahrnehmungsschwelle den Infraschall von Windenergieanlagen in deren Umgebung hören bzw. wahrnehmen können. Beeinträchtigungen oder Belästigungen durch Infraschall von Windenergieanlagen sind daher auch bei sensiblen Menschen nicht zu erwarten. Zusätzliche Informationen finden Sie im Beitrag 16.

16. Großer Forschungsbedarf?

FRAGE

Es wird argumentiert, dass es in Bezug auf Infraschall und tieffrequenten Schall von Windenergieanlagen noch großen Forschungsbedarf gibt. Stimmt das?

ANTWORT

Einige Windenergiegegner behaupten mit Hinweis auf das Umweltbundesamt (UBA) oder das Robert-Koch-Institut, dass es in Bezug auf Infraschall von Windenergieanlagen noch einen großen Forschungsbedarf gebe. Daher fordern sie, mit dem Ausbau der Windenergie zu warten, bis ausreichend Studienergebnisse vorliegen.

Das UBA konstatiert in seiner Informationsschrift „Geräuschbelastung durch tieffrequenten Schall, insbesondere durch Infraschall im Wohnumfeld“ [19] einen „deutlichen Mangel an umweltmedizinisch ausgerichteten Studienergebnissen zu den Themen Infraschall und tieffrequenter Schall“. Allerdings taucht das Wort Windkraft bzw. Windenergie an keiner Stelle auf. Eine Anfrage beim UBA ergab, dass sich diese Aussagen nicht auf Windenergieanlagen beziehen. Die Einschätzung des UBA bezieht sich vielmehr allgemein auf den gesamten Bereich der tieffrequenten Geräusche und des Infraschalls. Als Beispiele erwähnt das UBA u. a. Klimaanlage und Pumpen. Es gibt bereits eine ganze Reihe seriöser Studien, die sich umfassend mit dem Thema Windenergie und Infraschall befasst haben. Die Studienlage ist ausreichend gut, um das Thema fundiert beurteilen zu können. Nachfolgend werden einige wichtige Hinweise zusammengefasst.



Infraschallmessungen an Windenergieanlagen: Wissenschaftlich durchgeführte akustische Messungen in der Umgebung von Windenergieanlagen ergeben durchgängig, dass der Infraschall von Windenergieanlagen in deren direkter Umgebung messbar ist, aber deutlich unterhalb der menschlichen Wahrnehmungsschwelle liegt [5]. Ab einem Abstand von etwa 700 m ist zwischen ein- und ausgeschalteter Anlage praktisch kein Unterschied mehr messbar. Auch in der Nähe von Autobahnen und Schnellstraßen oder an Waldstandorten ist der Infraschall einer Windenergieanlage gegen das Hintergrundgeräusch nicht mehr messbar. Die vorliegenden Ergebnisse des Infraschall-Messprojekts der LUBW [8] decken sich mit diesen Erkenntnissen. Somit stellt der Infraschall von Windenergieanlagen kein Sonderproblem dar.

Windenergie und Gesundheit: Bislang gibt es keine wissenschaftlichen Hinweise, dass Infraschall deutlich unterhalb der Wahrnehmungsschwelle, wie er von Windenergieanlagen ausgeht, Gesundheitsprobleme verursacht. Der Betrieb von Windenergieanlagen ist jedoch mit einem hörbaren Betriebsgeräusch verbunden, das bei sehr geringem Abstand zu einer erheblichen Belästigung führen kann. Bei richtiger Planung und mit ausreichendem Abstand zur Wohnbebauung gehen von Windenergieanlagen keine erheblichen Geräuschbelästigungen aus. Eine Auswahl an Studien zum Thema „Windenergie und Gesundheit“ hat die Universität Sydney zusammengestellt [20]. Die kanadische Gesundheitsbehörde „Health Canada“ führte eine groß angelegte Studie durch. Eine Zusammenfassung der Ergebnisse ist online verfügbar [21].

Fazit: In Bezug auf Windenergieanlagen sind keine grundlegenden Defizite an messtechnisch und umweltmedizinisch ausgerichteten Studienergebnissen zu den Themen Infraschall und tieffrequenter Schall erkennbar. Das schließt nicht aus, dass einzelne Aspekte detaillierter oder ergänzend untersucht werden könnten. Unabhängig von Windenergieanlagen wird von Expertinnen und Experten bei den Themen Infraschall und tieffrequente Geräusche allgemein noch Forschungsbedarf gesehen. Hierbei sollten sowohl technische als auch natürliche Quellen von Infraschall Beachtung finden. Außerdem sollte das Zusammenwirken von tieffrequenten und hörbaren Geräuschen berücksichtigt und aus umweltmedizinischer und umweltpsychologischer Perspektive gemeinsam betrachtet werden. Das Faktenpapier Windenergie und Infraschall des Hessischen Ministeriums für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Landesentwicklung gibt zu diesem Themenkomplex einen guten Überblick [5].

17. Windenergie in Dänemark

FRAGE

Unter dem Titel „Macht der Infraschall von Windkraftanlagen krank?“ erschien in der Zeitung DIE WELT am 02.03.2015 ein Beitrag des Redakteurs Daniel Wetzel [22]. Darin wird behauptet, aus Angst vor Gesundheitsschäden durch Infraschall würden in Dänemark kaum noch Windenergieanlagen gebaut. Eine staatliche Untersuchung laufe, deutsche Behörden würden das Problem aber noch herunterspielen. Ferner wird der Eindruck erweckt, der nicht hörbare Schall der Windturbinen würde in einer benachbarten Nerzfarm die Tiere verrückt machen, so dass diese sich gegenseitig totbeißen. Wie sind diese Aussagen zu werten?

ANTWORT

Das Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg hat den oben genannten Pressebeitrag der dänischen Botschaft in Berlin mit der Bitte um Stellungnahme vorgelegt. Diese hat am 27.04.2015 eine Antwort der dänischen



Energieagentur übermittelt, welche dem dänischen Ministerium für Klima, Energie und Bau zugeordnet ist. Darin wird klargestellt, dass die Aussagen des WELT-Artikels nicht bestätigt werden können. Die nachfolgenden vier Punkte sind wörtlich der autorisierten Übersetzung durch die dänische Botschaft entnommen [23]:

- Der Ausbau der Windkraft stagniert nicht. Im Jahr 2014 wurden Onshore-Windenergieanlagen mit einer Kapazität von 106 MW errichtet und Anlagen mit einer Kapazität von insgesamt 29 MW demontiert. Es gab einen Rückgang beim Ausbau im Vergleich zum Jahr 2013, der unter anderem durch veränderte Tarifbestimmungen seit dem 01.01.2014 begründet werden kann.
- Anfang 2014 wurde eine Studie über den Zusammenhang zwischen Windrad-Geräuschen und Auswirkungen für die Gesundheit angefangen. Manche Kommunen warten mit der Planung ab, bis das Ergebnis der Studie vorliegt, aber viele Kommunen planen weiterhin den Ausbau von Windkraft.

- An Hand der existierenden wissenschaftlichen Grundlagen gibt es keinen Beleg dafür, dass Windräder negative Auswirkungen für die Gesundheit haben. Das dänische Ministerium für Klima, Energie und Bau hat deswegen bekanntgegeben, dass die Planung von Windrädern während des Untersuchungszeitraumes fortgesetzt werden kann.
- Das Kompetenzzentrum für Landwirtschaft und Pelztiere hat 2011 angegeben, dass Berichte über negative Auswirkungen für die Produktion von Nerzen – selbst bei einem Abstand von nur 200 Metern zu Windrädern – nicht vorliegen.

Hintergrundinformation: Dänemark setzt stark auf Windenergie. Im Jahr 2014 wurden über 39 Prozent des landesweit verbrauchten Stroms mit ca. 4 700 Windenergieanlagen erzeugt. Der Windstromanteil kann jedoch ohne neue Nutzungskonzepte (z. B. Heizen mit Strom) oder bessere Verteilung auf europäischer Ebene (Netzausbau, europäischer Strommarkt für erneuerbare Energien) nicht mehr beliebig gesteigert werden. So schwankte die Windstromausbeute im Jahr 2014 zwischen 0 und mehr als 130 Prozent des landesweiten Stromverbrauchs.

Statt Zubau findet in Dänemark momentan eher ein Umbau bei den Windenergieanlagen (Repowering) statt. Viele kleine Windenergieanlagen werden hier durch wenige große ersetzt. So sank die Zahl der kleinen Windenergieanlagen (weniger als 500 kW) im Zeitraum 2000 bis 2013 um ca. 2 300 Anlagen. Die installierte Leistung hat sich jedoch im gleichen Zeitraum durch den Zubau von ca. 1 300 mittleren und großen Windenergieanlagen (500 kW oder darüber) mehr als verdoppelt. Nach aktueller Planung der dänischen Regierung sollen im Zeitraum 2012 bis 2020 große Windenergieanlagen mit einer Gesamtleistung von 1 800 MW an Land neu errichtet und gleichzeitig ältere Anlagen mit einer Gesamtleistung von 1 300 MW abgebaut werden.

18. ICD-Code Infraschall?

FRAGE

Es wird immer wieder behauptet, der gemeinsame Bundesausschuss aller Krankenkassen habe vorsorglich den Code ICD-10-GM T75.2 zur Abrechnung der Behandlung von Gesundheitsschäden festgelegt, welche durch Infraschall von Windkraftanlagen verursacht wurden. Wie ist das zu werten?

ANTWORT

Diese Aussage trifft nicht zu. Auf Nachfrage beim Gemeinsamen Bundesausschuss (G-BA) in Berlin und dem für den ICD-10-GM Code zuständigen Deutschen Institut für Medizinische Dokumentation und Information (DIMDI) in Köln wurde vielmehr bestätigt, was auch beim Studium der aktuellen Version 2015 des ICD-10-GM Codes ersichtlich ist: Der genannte Krankenkassen-Code T75.2 trägt den Titel „Schäden durch Vibration“ und umfasst Symptome und Krankheitsbilder wie das sogenannte Presslufthammer-Syndrom, die Weißfingerkrankheit nach lang dauernder Bedienung stark vibrierender Maschinen wie z. B. Motorsägen, aber auch Schwindel durch Infraschall. Diese Position ist bereits seit über 20 Jahren in der Liste enthalten. Der Eintrag wurde vor der verbreiteten Errichtung von Windenergieanlagen festgelegt, also keineswegs „vorsorglich“ wegen möglicher Gesundheitsschäden durch Infraschall von derartigen Anlagen.

Die Internationale statistische Klassifikation der Krankheiten und verwandter Gesundheitsprobleme (International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems – ICD) ist ein weltweit anerkanntes Diagnoseklassifikationssystem der Medizin. Es wird von der Weltgesundheitsorganisation (WHO) herausgegeben. In Deutschland sind die an der vertragsärztlichen Versorgung teilnehmenden Ärzte und ärztlich geleiteten Einrichtungen verpflichtet, Diagnosen nach ICD-10 German Modification (GM) zu verschlüsseln. Verbindlich für die Verschlüsselung in Deutschland ist die vom DIMDI herausgegebene ICD-10-GM Version 2015.

Anhang: Erläuterungen und Literatur

- [1] Das Hertz (Hz) ist die Maßeinheit für die Frequenz und bedeutet die Anzahl von Schwingungen je Sekunde.
- [2] Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Internet www.bgr.bund.de, im Suchfeld eingeben: „Der unhörbare Lärm“
- [3] Sechste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm – TA Lärm) vom 26.08.1998, GMBI Nr. 26/1998, S. 503 ff.
- [4] DIN 45 680 „Messung und Bewertung tieffrequenter Geräuschimmissionen in der Nachbarschaft“, Ausgabe 1997-03, Beuth Verlag
DIN 45 680 „Messung und Bewertung tieffrequenter Geräuschimmissionen“, Entwurf 2013-09, Beuth Verlag
DIN ISO 28 961 „Akustik – Statistische Verteilung von Freifeld-Normalhörschwellen“, Ausgabe 2010-06, Beuth Verlag
- [5] HA Hessen Agentur GmbH im Auftrag des Hessischen Ministeriums für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Landesentwicklung: „Faktenpapier Windenergie und Infraschall“, Mai 2015, Internet www.energieland.hessen.de/faktenpapier_infraschall
- [6] A. Moorhouse, D. Waddington, M. Adams: „Proposed criteria for the assessment of low frequency noise disturbance“, Acoustics Research Centre, University of Salford, Manchester, 2011
- [7] Das Dezibel (dB) ist die Maßeinheit zur Kennzeichnung von Schalldruckpegeln, d. h. der Stärke von Geräuschen.
- [8] LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg: „Tieffrequente Geräusche und Infraschall von Windkraftanlagen und anderen Quellen“, 2014
Internet www.lubw.de/servlet/is/223895
- [9] N. Pierpont: „Wind turbine syndrome: a report on a natural experiment“, K-Selected Books Sante Fe, NM, ISBN 978-0-9841827-0-1

- [10] E. Quambusch, M. Lauffer: „Infraschall von Windkraftanlagen als Gesundheitsgefahr“, ZFSH/SGB – Zeitschrift für die sozialrechtliche Praxis, 08/2008
- [11] Windenergieerlass Baden-Württemberg, Gemeinsame Verwaltungsvorschrift des Ministeriums für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft, des Ministeriums für Ländlichen Raum und Verbraucherschutz, des Ministeriums für Verkehr und Infrastruktur und des Ministeriums für Finanzen und Wirtschaft vom 09.05.2012, Az. 64-4583/404, GABl. 2012, S. 413
- [12] A. N. Salt, J. A. Kaltenbach: „Infrasound from Wind Turbines could affect Humans“, Bulletin of Science, Technology & Society 31(4), 2011, pp. 296-302
- [13] M. A. Nissenbaum, J. J. Aramini, Chr. D. Hanning: „Effects of industrial wind turbine noise on sleep and health“, Noise & Health, Volume 14:60, 2012, pp. 237-43
- [14] W. Bartens: „Das falsche Signal“, Süddeutsche Zeitung Magazin, Heft 04/2013
- [15] F. Crichton, G. Dodd, G. Schmid, G. Gamble, K. J. Petrie: „Can Expectations produce Symptoms from Infrasound associated with Wind Turbines?“, Health Psychology, Vol 33(4), 2014, pp. 360-364
- [16] K. Kurakata, T. Mizunami: „The Statistical Distribution of Normal Hearing Thresholds for Low-Frequency Tones“, J. Low Freq. Noise Vib. Act. Contr., 27, 2008, pp. 97-104
- [17] K. Kurakata, T. Mizunami: „Statistical distribution of normal hearing thresholds under free-field listening conditions“, Acoust. Sci. Tech., 26, 2005, pp. 440-446
- [18] K. Kurakata, T. Mizunami: „Percentiles of normal hearing-threshold distribution under free-field listening conditions in numerical form“, Acoust. Sci. Tech., 26, 2005, pp. 447-449
- [19] „Geräuschbelastung durch tieffrequenten Schall, insbesondere durch Infraschall im Wohnumfeld“, Umweltbundesamt, Fachgebiet I 3.4, Information vom 08.02.2013

- [20] S. Chapman, T. Simonetti: „Summary of main Conclusions reached in 17 Reviews of the Research Literature on Wind Farms and Health“, 2012
Internet <http://canwea.ca/pdf/WindHealthReviews.pdf>
- [21] Health Canada: „Wind Turbine Noise and Health Study: Summary of Results“, Internet www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/noise-bruit/turbine-eholiennes/summary-resume-eng.php
- [22] D. Wetzel: „Macht der Infraschall von Windkraftanlagen krank?“, Die Welt, Online-Ausgabe vom 02.03.2015, Internet www.welt.de/wirtschaft/energie/article137970641/Macht-der-Infraschall-von-Windkraftanlagen-krank.html
- [23] Danish Energy Agency: „Hintergrundmaterial: Infraschall von Windkraftanlagen“, Internet www.lubw.de/servlet/is/249729/danish-energy-agency.pdf?command=downloadContent&filename=danish-energy-agency.pdf

