

# Stress Related Effects of Wind Turbine Noise

## Stresseffekte von Windenergieanlagen-Geräuschen

J. Pohl; AG Gesundheits- und Umweltpsychologie, Institut für Psychologie, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

G. Hübner; Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg & MSH Medical School Hamburg

J. Gabriel; DEWI GmbH, Wilhelmshaven



G. Hübner

EXTERNAL ARTICLE

ENGLISH - DEUTSCH

### Summary

The aim of the interdisciplinary research project carried out on the Wilstedt wind farm as a model, was to analyse the impact of noise emissions of wind turbines on residents and to identify recommendations for action, if possible. The project has been funded by the Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU). The project was lead-managed by the working group Environmental Psychology of the Institute for Psychology at the Martin-Luther-University Halle-Wittenberg. Project partners were wpd windmanager GmbH & Co. KG and DEWI GmbH.

In the course of the project physical measurements were combined with interviews on impact, and diagnostic and intervention approaches were derived. The measurements carried out were emission as well as immission measurements (Fig. 1). The residents contributed to the noise diagnosis by means of audio recorders and complaint sheets. Also they participated in in-depth interviews at the beginning and at the end of the survey period. The relatively large number of participants made it possible to prove reliably influences of various factors, such as distance from the wind turbines, noise sensitivity or health state. This combination of research methods is unique in present research.

### Überblick

Ziel des interdisziplinären Forschungsprojektes war es, modellhaft am Windpark Wilstedt zu analysieren, wie sich Geräuschemissionen von Windenergieanlagen (WEA) auf Anwohner auswirken und ggf. Handlungsempfehlungen zu erarbeiten. Das Projekt wurde von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU) gefördert. Die Projektleitung lag bei der Arbeitsgruppe Umwelt- und Gesundheitspsychologie des Instituts für Psychologie der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg. Projektpartner waren die wpd windmanager GmbH & Co. KG und das Deutsche Windenergie-Institut (DEWI GmbH).

Im Projekt wurden physikalische Messungen mit Befragungen zu Auswirkungen verbunden und Diagnostik- und Interventionsansätze abgeleitet. Durchgeführt wurden Emissions- und Immissionsmessungen (Abb. 1). Die Anwohner trugen mittels Audiorekorder und Beschwerdebogen zur Geräuschdiagnose bei. Ebenfalls nahmen sie zu Beginn und am Ende des Untersuchungszeitraums an ausführlichen Befragungen teil. Durch die relativ große Personenanzahl können verlässlich Einflüsse verschiedener Faktoren geprüft werden, wie z. B. Abstand zum Windpark, Lärmempfindlichkeit, gesundheitliche Vorbelastung. Diese Kombination der Untersuchungsmethoden ist in der derzeitigen Forschung einzigartig.

## Procedure

In the spring of 2012, 212 residents (48% women) took part in the survey. The average age was 55 years. The questionnaire used by the interviewers comprised 450 questions. Questions referred to the annoyance of the wind farm noise, effects on physical and psychological well-being and other subjects. The characteristics of a typical annoyance situation were asked, such as time of day, wind conditions, disturbed activity. In addition the participants were given complaint sheets to fill in, and also the possibility to record the annoying noise with audio recorders.

As of autumn 2013, one and a half years after the first survey, measures for noise mitigation were introduced for half a year in order to test their effectiveness. For this purpose the so-called operating mode IV was applied in different ways: Alternating monthly, during the night between 10 pm and 2 am, three, nine or no wind turbines were operating in this mode. During the test phase, 42 participants were asked every two weeks how they perceived the noise. After completion of the test phase, 133 residents participated once more in a second extensive survey in February and March 2014.

## Central Results

### Annoyance

For the majority the wind farm was not annoying. Overall wind farm noise was perceived as comparable to road traffic noise and even less annoying than the noise of agricultural vehicles with balloon tires. But even balloon tires were only perceived as moderately annoying. Wind farm and traffic were both evaluated between somewhat and moderately annoying.

A minority of 10% felt rather annoyed, and complained mostly about sleeping problems (difficulty falling asleep 7%, multiple awakening 5%), anger/irritability 6% and negative mood 7%. Also another 25% felt annoyed, but did not show any stress symptoms. Interestingly, a significant relationship between the distance to the wind farm and level of annoyance could not be observed.

### Reasons for complaining

All participants were given a complaint sheet to note at any time noise annoyances. Only a few persons (11) made use of this and together they submitted 98 complaint sheets. Noise annoyance was most frequently perceived at night at medium wind speeds from the prevailing wind direction – although the emission levels were well below the permitted limit values of the wind farm. The noise recordings, however, indicate that amplitude-modulated noise (AM) seems to be the main reason for the complaints (see info box on AM): Noise described as hissing or swishing, not steady but fluctuating in amplitude. This can be perceived as stressful because the irregularity of the noise triggers the attention.

### Attitude

Overall the attitude towards the wind farm was generally positive, but was influenced by the level of annoyance: On average participants who did not feel annoyed, had a clearly positive attitude. But also those annoyed on average had only a slightly negative attitude.

## Vorgehen

Im Frühjahr 2012 nahmen an der Befragung zum Windpark Wilstedt 212 Anwohnerinnen und Anwohner teil (48% Frauen). Das Durchschnittsalter betrug 55 Jahre. Interviewer befragten die Teilnehmer anhand eines Fragebogens, 450 Einzelfragen umfassend. Die Fragen bezogen sich u. a. auf die Lästigkeit der Windparkgeräusche sowie deren körperliche und psychische Wirkungen. Erfragt wurden Merkmale einer typischen Belästigungssituation, wie z. B. Tageszeit, Windverhältnisse, gestörte Tätigkeit. Zusätzlich erhielten die Teilnehmer Beschwerdebogen und die Möglichkeit, die störenden Geräusche mit Audiorekordern aufzuzeichnen.

Eineinhalb Jahre nach der ersten Befragung wurden ab Herbst 2013 für ein halbes Jahr Maßnahmen zur Geräuschminderung erprobt. Dazu wurde der sogenannte Betriebsmodus IV unterschiedlich angewandt: Im monatlichen Wechsel liefen nachts zwischen 22 und 2 Uhr, drei, neun oder keine WEA des Windparks in diesem Modus. Während dieser Testphase gaben 42 Teilnehmer alle 2 Wochen Auskunft zu ihrer Geräuschwahrnehmung. Nach Abschluss der Testphase beteiligten sich im Februar und März 2014 erneut 133 ursprüngliche Teilnehmer an einer zweiten ausführlichen Befragung.

## Zentrale Ergebnisse

### Belästigung

Mehrheitlich ging von dem Windpark keine Belästigung aus. Insgesamt wurden die Windparkgeräusche als vergleichbar mit Verkehrslärm und sogar als weniger lästig empfunden als die Geräusche von landwirtschaftlichen Fahrzeugen mit Ballonreifen. Doch selbst die Ballonreifen wurden nur als mittelstarke Belästigung erlebt. Windpark und Straßenverkehr wurden zwischen wenig und mittelmäßig belästigend eingeschätzt.

Durch die Windparkgeräusche war eine Minderheit von 10% ziemlich stark belästigt, die am häufigsten über Schlafprobleme (erschwertes Einschlafen 7%, mehrfaches Erwachen 5%), Ärger/Gereiztheit 6% und negative Stimmung 7% klagt. Weitere 25% fühlten sich zwar ebenfalls belästigt, hatten jedoch keine Stressbeschwerden. Interessanterweise zeigte sich kein bedeutsamer Zusammenhang zwischen dem Abstand zum Windpark und Belästigungen.

### Beschwerdeursachen

Alle Befragten erhielten einen Beschwerdebogen, auf dem sie jederzeit Geräuschbelästigungen angeben konnten. Diese Möglichkeit nutzten aber nur wenige Personen (11), die insgesamt 98 Beschwerdebögen einreichten. Geräuschbelästigungen traten gehäuft nachts auf, bei mittleren Windstärken aus der Hauptwindrichtung – obwohl die zulässigen Emissionswerte des Windparks sicher eingehalten wurden. Doch die Geräuschaufzeichnungen deuten auf amplitudenmodulierte Geräusche (s. Kasten AM) als Hauptverursacher der Belästigungen: Geräusche, die als Fauchen und pulsierendes Rauschen beschrieben werden, nicht gleichmäßig sind, sondern in ihrer Stärke kurzzeitig schwanken. Dies kann als belastend erlebt werden, weil die Unregelmäßigkeit der Geräusche Aufmerksamkeit auf sich zieht.



Fig. 1: Wilstedt wind farm (top) and acoustic measurements (right)  
 Abb. 1: Windpark Wilstedt (oben) und die Akustikmessung (rechts)

### Wilstedt in comparison

The average annoyance by wind farm noise in Wilstedt is not different compared to a large sample referring to 13 wind farms all over Germany. Wilstedt therefore is not a special case but allows far-reaching conclusions.

### Noise mitigation

A positive effect of the noise mitigation measure on annoyance could not be proven.

### Development of annoyance

Over the period of the research project the initial annoyance decreased: In comparison to 2012, noise annoyed participants felt marginally less annoyed and slightly less distracted in 2014. Correspondingly, the proportion of residents with noise-related stress symptoms decreased from 10% to 7%. On average these persons also stated less symptoms: Whereas in 2012 they indicated 12 different symptoms, in 2014 only three symptoms were specified.

### Traffic noise in comparison

More residents complained about physical and psychological symptoms caused by traffic noise (16%) than because of wind turbine noise (10%). The most frequent problems caused by traffic noise are: anger/irritability (10%), negative mood (9%), tenseness (8%) and multiple awakening (6%).

### Einstellung

Die Einstellung zum Windpark fiel insgesamt positiv aus, wurde jedoch durch das Ausmaß der Belästigung beeinflusst: Im Durchschnitt deutlich positiv eingestellt war, wer sich nicht belästigt fühlte. Aber auch Belästigte waren durchschnittlich nur leicht negativ eingestellt.

### Wilstedt im Vergleich

Die durchschnittliche Belästigung durch Windparkgeräusche unterscheidet sich in Wilstedt nicht von einer großen Vergleichsstichprobe, die sich auf 13 andere Windparks bezieht, verteilt über das Bundesgebiet. Wilstedt ist damit kein Sonderfall sondern lässt weiterreichende Schlussfolgerungen zu.

### Geräuschminderungsmaßnahme

Eine positive Wirkung der Geräuschminderungsmaßnahme auf die Belästigung konnte nicht nachgewiesen werden.

### Entwicklung der Geräuschbelästigung

Über den Zeitraum des Forschungsprojekts hinweg nahm die Ausgangsbelästigung ab: Geräuschbelästigte fühlten sich im Vergleich von 2012 zu 2014 geringfügig weniger belästigt und weniger abgelenkt. Passend dazu nahm der Anteil der Personen mit geräuschbedingten Stressbeschwerden ab, von 10% auf 7%. Zudem gaben diese Personen im Durchschnitt auch weniger Symptome an: Nannten sie 2012 noch 12 Symptome, waren es 2014 nur noch drei.

## Amplitude modulation (AM)

The term amplitude modulation (AM) means periodic loudness fluctuations. With wind turbines, AM occurs with the period of the blade passage and therefore can be directly allocated to the optic impression of the rotating blades. AM is a carrier of information. Therefore the human ear is especially sensitive to this noise characteristic. The signal waveform in Fig. 2 clearly shows the noise fluctuations at a period of just over one second.

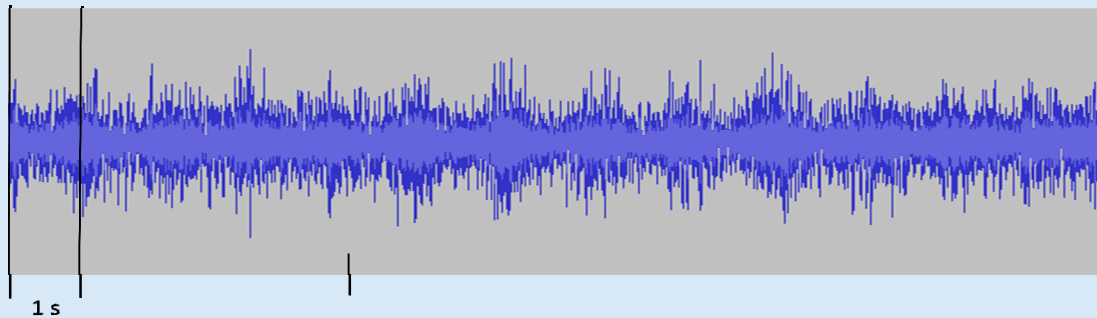


Fig. 2: Example for wind turbines noise recorded by residents.

Abb. 2: Beispiel für Windenergieanlagengeräusche, die von Anwohnern aufgezeichnet wurden.

## Amplitudenmodulation (AM)

Mit dem Begriff Amplitudenmodulation (AM) werden periodische Lautheitsschwankungen bezeichnet. Bei Windenergieanlagen tritt AM mit der Periode der Blattpassage auf und ist daher dem optischen Eindruck der sich drehenden Rotoren direkt zuzuordnen. AM ist ein Träger von Informationen. Daher ist das menschliche Gehör besonders sensibel für diese Geräuschcharakteristik. In dem Schallsignalverlauf von Abb. 2 sind die Lautheitsschwankungen mit einer Periode von etwas über einer Sekunde deutlich zu erkennen.

## Conclusion and Outlook

The psychological and acoustic methods for analysing the effects of wind turbine noise have proved to be effective. The approach was appreciated and actively supported by the residents. Their worries were taken seriously, interim results were communicated openly and plausible explanations for the noise annoyance were developed (e.g. amplitude modulation). This may also have contributed to the positive changes in perception, because the research results were able to reduce uncertainties and margins for interpretation and so probably could somehow mitigate the noise annoyance indirectly.

It seems promising to pursue this line of research further in order to explore deeper the psychological and acoustic causes of the noise annoyance. For this purpose a permanent measuring station for wind turbine noise would be useful, to enable Homo Sapiens Monitoring. Such a station is recommended by the scientists and supported by the residents.

## Verkehrslärm im Vergleich

Mehr Anwohner klagten über körperliche und psychische Beschwerden aufgrund des Verkehrslärms (16%) als aufgrund der WEA-Geräusche (10%). Zu den häufigsten Verkehrslärmbeschwerden gehören: Ärger/Gereiztheit (10%), negative Stimmung (9%), Angespanntheit (8%) und mehrfaches Erwachen (6%).

## Fazit und Ausblick

Die eingesetzten psychologischen und akustischen Methoden zur Analyse der WEA-Geräuschwirkungen haben sich bewährt. Das Vorgehen wurde von den Anwohnern begrüßt und tatkräftig unterstützt. Ihre Sorgen wurden ernst genommen, über Zwischenergebnisse offen informiert und plausible Erklärungen für die Geräuschbelästigung erarbeitet (z. B. Amplitudenmodulation). Dies mag zu positiven Veränderungen beigetragen haben, denn die Forschungsergebnisse konnten Unsicherheiten und Interpretationsspielräume reduzieren und so wahrscheinlich indirekt die Geräuschbelästigung etwas mindern.

Vielversprechend ist es, den Forschungsansatz fortzuentwickeln, um den psychologischen und akustischen Ursachen der Geräuschbelästigung noch genauer nachzugehen. Hierzu ist z. B. die Einrichtung einer Dauermessstation für WEA-Geräusche sinnvoll, im Sinne eines Homo Sapiens Monitoring. Sie wird von den Wissenschaftlern empfohlen und den Anwohnern befürwortet.