



Bürgerforum Energieland Hessen
Bürgerforum zur Windenergie in Butzbach

Gesundheitsfragen:
Auswirkungen von Windenergieanlagen

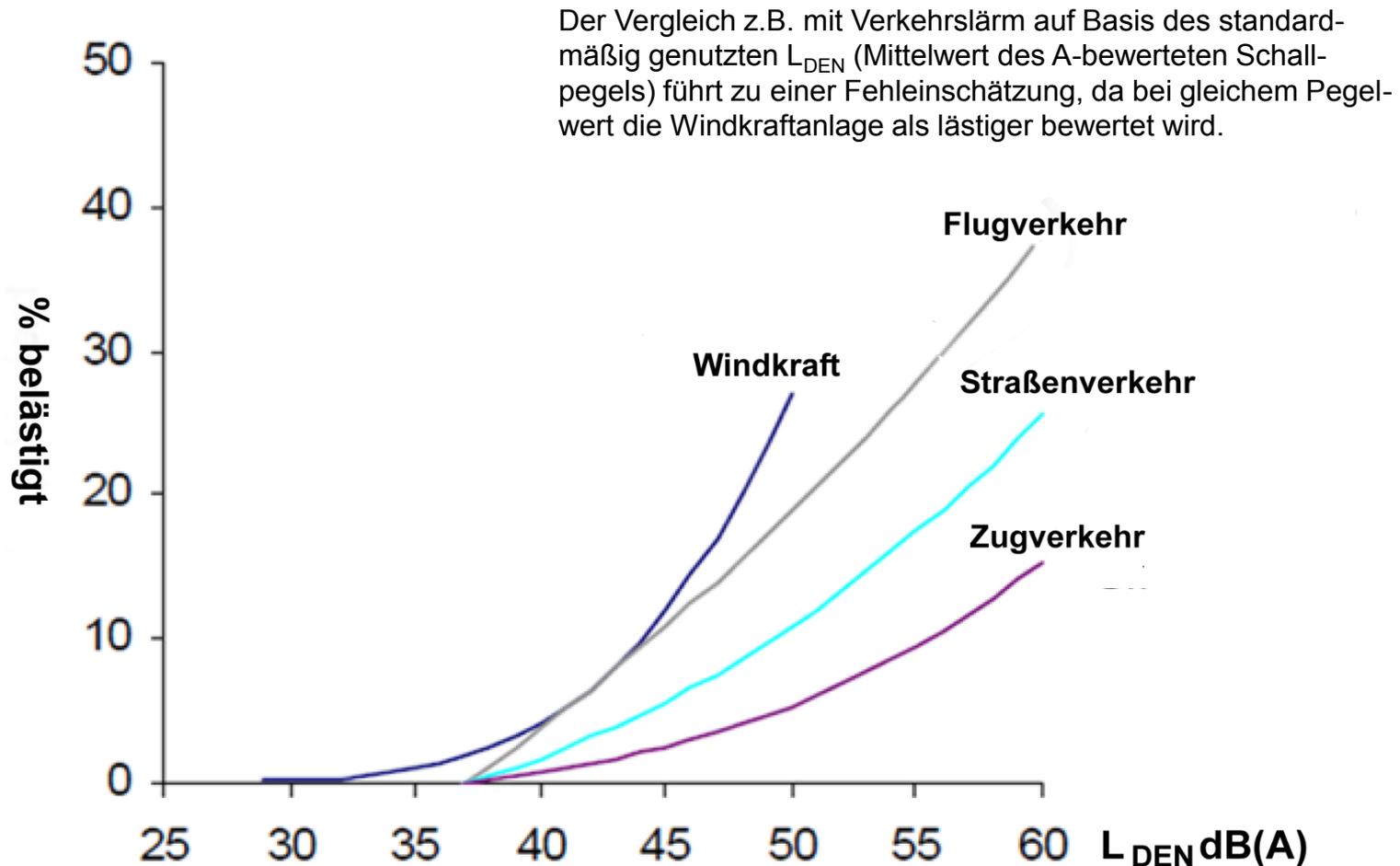
Detlef Krahe
Bergische Universität Wuppertal
krahe@uni-wuppertal.de

Regelwerke für Lärmprognosen bei Windkraftanlagen

Außen				Innen
Emission	Ausbreitung	Immission		Immission
DIN 61400-11	DIN 9613 -2	TA Lärm 35 / 45 dB(A)	Tieffrequent ?	DIN 45680
Prognose			Eine Abschätzung des Schallübergangs von außen nach innen ist bei tiefen Frequenzen schwierig	Messung

Mögliche Reaktionen bei tieffrequenter Schalleinwirkung

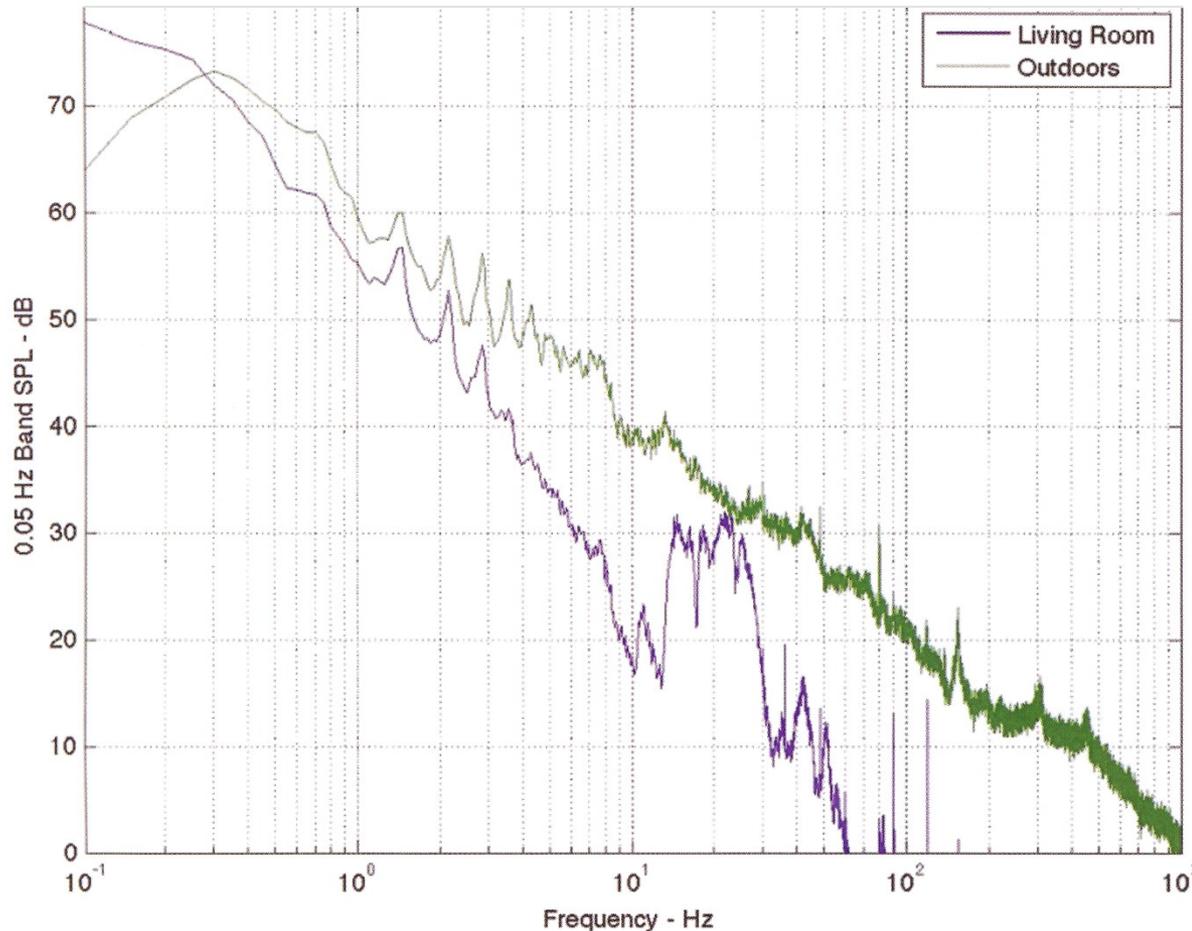
Wahrnehmung	Art der negativen Wirkung	Belästigung	Bemerkung
Nein	Keine	Nein	
Ja	Keine	Nein	Kompensation durch positive Aspekte möglich
Ja	psychologisch	Ja	Moderation negativer Emotionen
Ja	physiologisch	Ja	Unbewusste Wahrnehmung bei Dauerbelastung möglich



A. Goemé, Wind Turbine Noise 2013

Spektrum eines Windkraftanlagengeräusches

außen und innen gemessen

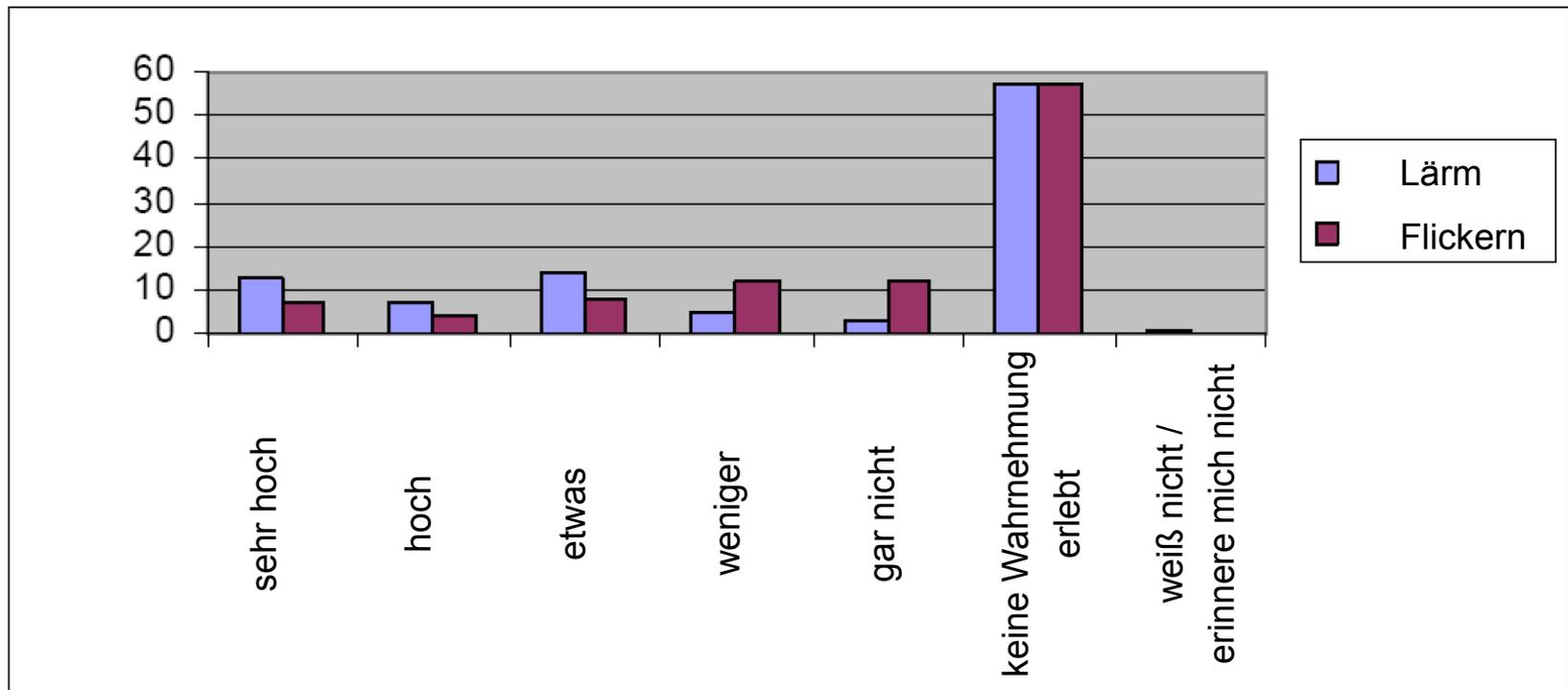


Zu den Merkmalen:

- Zwischen 1 Hz und 10 Hz sind Spitzen zu erkennen, die darauf zurückzuführen sind, dass hier etwa pro Sekunde ein Flügel von oben nach unten rotiert. In diesem Frequenzbereich sind die Pegel innen und außen fast gleich.
- Zu höheren Frequenzen nehmen die Pegel deutlich ab, innen stärker als außen. Im Bereich von etwa 20 Hz steigt der Pegel innen allerdings wieder stark an und erreicht partiell fast den Wert des Pegels außen. Dies ist vornehmlich auf akustische Eigenschaften des Wohnraumes zurückzuführen, die aber nicht untypisch sind. Konkret ist das Verhalten aber schwierig einzuschätzen.

Quelle: Leventhall, G.;
Concerns about Infrasound from Wind Turbines
AcousticsToday 9, 30 (2013)

Befragung von Anwohnern im Umkreis von 1 km um eine WKA

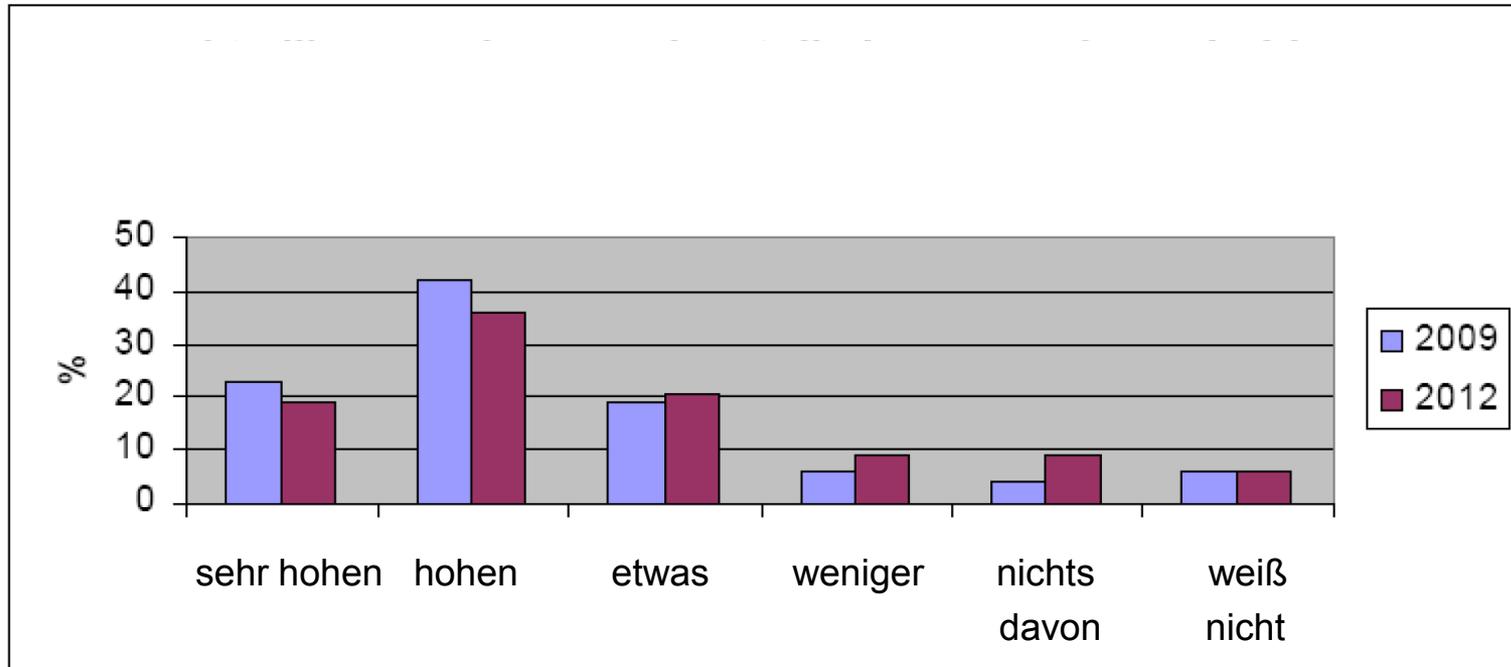


Frage: Wie hoch ist der Grad der Belästigung durch Lärm und Schattenwurf?

Etwa 20 % der hier Befragten fühlen sich durch den Lärm sehr hoch oder hoch belästigt. Der Schattenwurf (Flickern) ist demgegenüber weniger belästigend. Das mag u.a. damit zusammenhängen, dass diese Belästigung in der Nacht nicht existiert.

K. Lindvig, Wind Turbine Noise 2013
Quelle: Megafon und Danish Nature Agency

Vergleich der Megafon-Studie 2009 und 2012

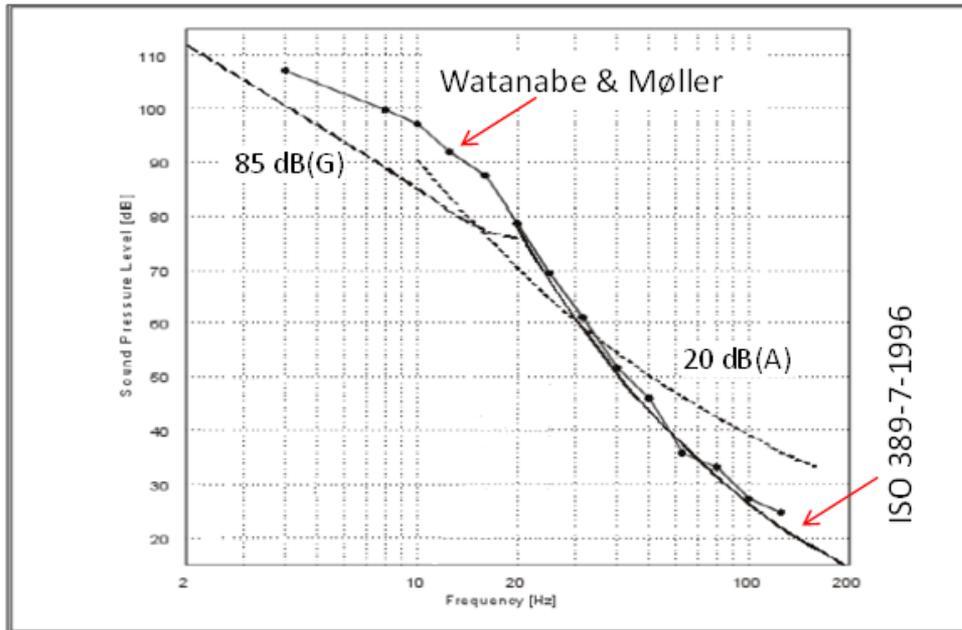


Frage: Mit welchen Anstrengungen sollte die Stadtverwaltung aktiv daran arbeiten, mehr Aufstellungsorte für WKA zu finden?

Allgemein ist die Akzeptanz von WKA in der Bevölkerung sehr hoch, hat aber nach dieser Untersuchung in Dänemark von 2009 nach 2012 etwas abgenommen. Die Gründe dafür mögen vielfältig sein. Als wesentlich für die Akzeptanz wird u.a. genannt, dass Politik und Verwaltung möglichen Ursachen einer Belästigung ernsthaft nachgehen.

K. Lindvig, Wind Turbine Noise 2013
Quelle: Megafon und Danish Nature Agency

Hörschwellen bei tiefen Frequenzen



Hörschwellen geben einen Anhalt, ob ein Ton einer bestimmten Frequenz und mit einem bestimmten Pegel als hörbar gilt oder nicht. Die Hörschwelle ist eine statistische Größe, d.h. eine über viele Hörversuche gemittelte Kurve. So kommen unterschiedliche Untersuchungen zu unterschiedlichen Ergebnissen, die aber eher als gering anzusehen sind, wenn sie mit Unterschieden zwischen einzelnen Personen verglichen werden. Es ist deshalb nicht auszuschließen, dass eine Person etwas wahrnimmt, auch wenn der Pegel der Geräusches bisweilen deutlich unterhalb der Hörschwelle liegt.

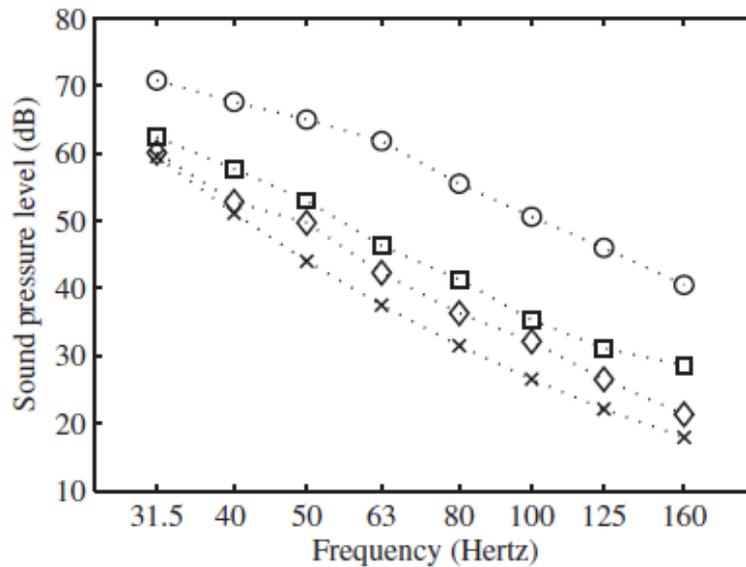
Mehr noch als diese statistische Streuung interessiert die Frage, ob gewisse Rahmenbedingungen zu systematischen Verschiebungen führen können. So ist z.B. bekannt, dass ein Geräusch, das aus mehreren Komponenten besteht oder das länger auf den Hörer eingewirkt hat, eher wahrgenommen wird.

Die Grafik zeigt Schwellen, die vielfach zitiert bzw. herangezogen werden. Allgemein – auch mit anderen hier nicht gezeigten Schwellen – ist, dass bei sehr tiefen Frequenzen (unterhalb 10 Hz), der Mensch nur bei sehr hohen Pegeln eine Wahrnehmung hat, denn sonst nähme er eigene Körpergeräusche wahr. Die Schwellen fallen zu höheren Frequenzen steil ab, d.h. die Empfindlichkeit nimmt stark zu, sodass bei einem Geräusch wie in Folie 5 innen eher der Bereich um 20 Hz hörbar sein könnte, als der bei tieferen Frequenzen.

Quelle: Watanabe, T.; Møller, H.; **Low Frequency Hearing Threshold in Pressure Field and in Free Field**; Journal of Low Frequency Noise and Vibration, Vol. 9 No. 3 (1990)

Differenz zwischen Hör- und Akzeptanzschwelle

Mittlere Hörschwelle

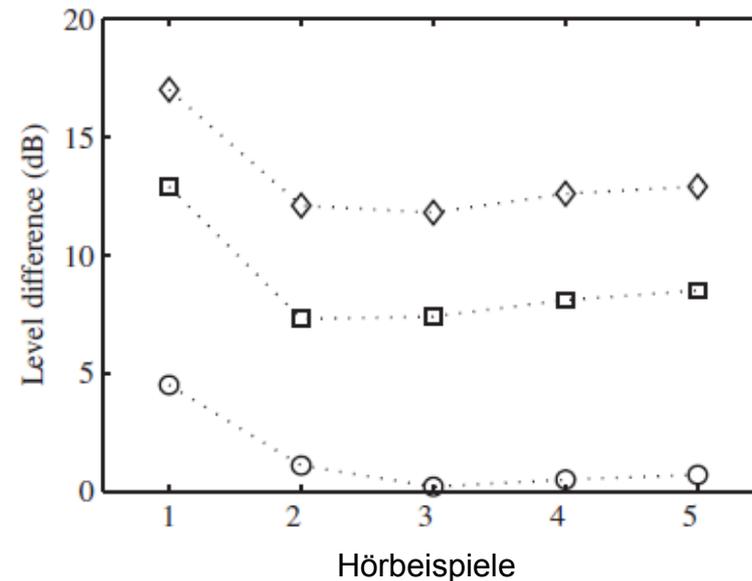


- Personen, die unter tieffrequentem Lärm leiden
- ältere Teilnehmer
- ◇ jüngere Teilnehmer
- X gemäß ISO 226

Quelle:

Moorhouse A.T., Waddington D.C., Adams M.A.
A procedure for assessment of low frequency noise complaints,
JASA 126 (3), Sept. 2009, p. 1132-1141

Akzeptanzschwelle für die Nacht in Relation zur Hörschwelle



Manche Geräusche (Hörbeispiele) werden, sobald sie wahrgenommen werden, von Personen, die gegenüber tieffrequentem Lärm empfindlich sind, als nicht hinnehmbar bewertet. Die Akzeptanzschwelle ist gleich Null. Das muss aber nicht mit einer besonders niedrigen Hörschwelle zusammenfallen.

Die Kenntnis über die Zusammenhänge, die dahinterstecken, sind aber noch sehr bruchstückhaft.

Von Betroffenen berichtete Symptome:

- **Frustration**
- **Einschlafschwierigkeiten**
- **Furcht**
- **Niedergeschlagenheit**
- **Druck im Kopf**
- **Kopfschmerzen**
- **Nervosität**
- **Konzentrationsmangel**

Die Symptome sind vielfach mentaler Art.

Erläuterungen zu den nachfolgenden Folien

Auf der Suche, welche Eigenschaften des tieffrequenten Geräusches in besonderer Weise diese Wirkungen im Mentalen hervorrufen können, wurde in vielen Berichten zur Wirkung von tieffrequentem Lärm immer wieder das Merkmal aufgeführt, dass die Betroffenen in einer sonst sehr ruhigen Gegend wohnen. Das bedeutet, die Betroffenen hören primär ein auf den tiefen Frequenzbereich konzentriertes Geräusch.

Um diesen Zusammenhang abzu prüfen, wurden verschiedene Untersuchungen durchgeführt, entweder in Form von Tests, bei denen Hörbeispiele auf ihre Lästigkeit hin zu bewerten waren, oder Untersuchungen, bei denen die Reaktion auf verschiedene Stimuli gemessen wurde. Ergebnisse aus zweien dieser letzteren Untersuchungen werden nachfolgend gezeigt.

In einer der Untersuchungen (Folie 14) wurden als Reaktion auf die Beschallung die Gehirnströme (EEG) gemessen. Betrachtet wurde in der Analyse der aufgezeichneten Ströme der Frequenzbereich von 8 Hz bis 12 Hz (Alpha-Wellen). Dieser Frequenzbereich steht nicht mit den Frequenzen der Beschallung in direktem Zusammenhang, sondern ist ein Gradmesser dafür, wie entspannt ein Mensch ist. Ist die Aktivität in diesem Bereich hoch, so ist man entspannt, ist sie niedrig, so ist man eher verspannt.

In einer Vorstufen wurden die Aktivitäten jeweils auf einen relativen Wert 1 normiert. Dann erfolgte eine Beschallung mit einem stark auf den Bereich tiefer Frequenzen konzentrierten Geräusch (LFN). Nach einer Pause erfolge eine Beschallung mit einem Geräusch, das neben den tiefen Frequenzkomponenten auch höhere enthielt (PN). In all diesen Phasen und nach einer Ausklingphase (End) wurden die Gehirnströme gemessen.

Die Ergebnisse für drei Personen zeigen deutliche Unterschiede. Person 1 scheint durch LFN nur ein Wenig betroffen zu sein und erholt sich danach umgehend. Nach PN ist diese Person sogar entspannter als zu Beginn. Person 2 ist zunächst auch nur wenig betroffen, zeigt aber Nachwirkungen, die bis in die Pause hineinwirken. Dieser Wirkung wird durch PN schnell entgegengewirkt, sodass Person 2 zum Ende fast wieder den Anfangswert erreicht. Person drei ist am stärksten betroffen. Einmal mit LFN beschallt, scheint sie innerhalb des Test zunehmend gestresst zu sein.

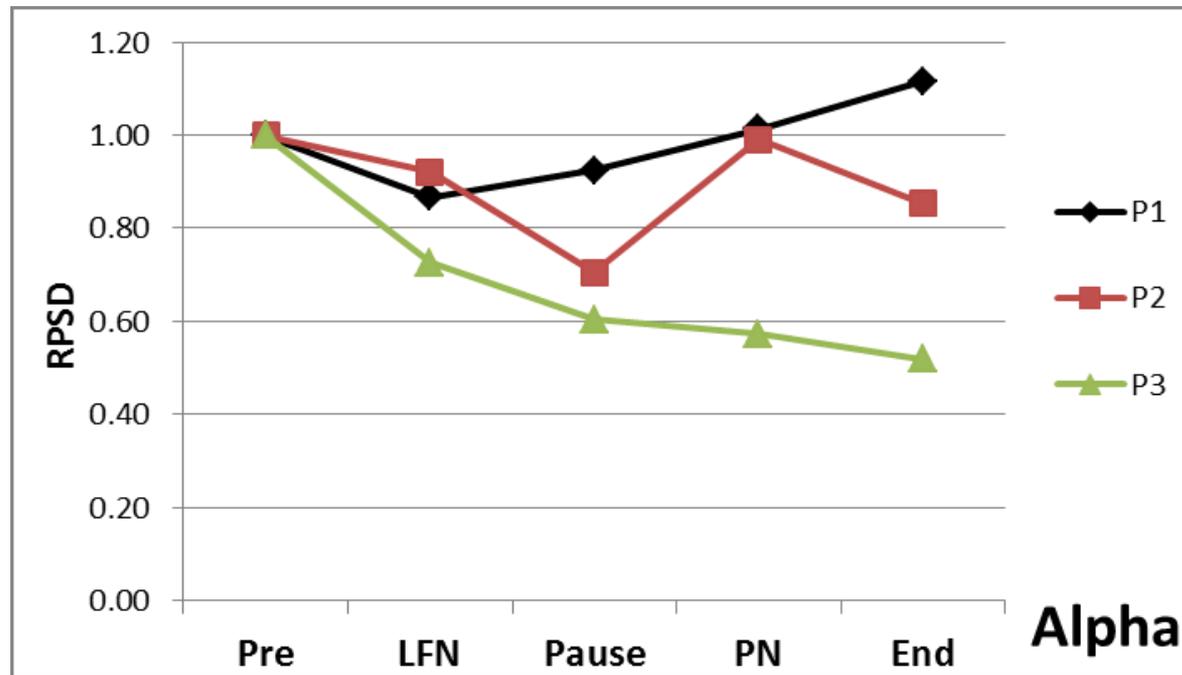
Dieses Beispiel zeigt, wie unterschiedlich Menschen auf die gleiche Reizung durch Lärm reagieren können. Mögen diese Reaktionen teilweise physiologisch, teilweise psychologisch erklärbar sein, so zeigt die zweite hier angeführte Untersuchung, dass eine rein physiologische Reaktion auf konzentriert tieffrequenten Schall gemessen werden kann. Ein solche Reaktion wäre dann direkter und eher zwangsweise.

Dazu wird in Folie 15 das Ergebnis einer Untersuchung von A. Salt vorgestellt, bei der die Reaktion auf Geräusche mit unterschiedlichen Frequenzbegrenzungen in-vivo im Innenohr (Cochlea) gemessen wurde. Solche Messungen können natürlich nur an Tieren vorgenommen werden, es ist aber sichergestellt, dass das Hörorgan der untersuchten Tierart physiologisch große Ähnlichkeit mit dem des Menschen aufweist und deshalb die Untersuchung zu übertragbaren Ergebnissen führt.

Kern des Ergebnisses ist, dass bei einer Beschneidung der höheren Frequenzen eine verstärkte Reaktion bei den tieferen Frequenzen zu messen ist, ohne dass der Reiz bei den tieferen Frequenzen angehoben wird.

Das alles ist noch weit davon entfernt, eine schlüssige Erklärung und damit Einschätzung für die besonderen Wirkung von Schall zu liefern, wenn dieser stark auf den Bereich tiefer Frequenzen konzentriert ist. Es offenbart aber andererseits, wie viele stimmige Hinweise es auf noch offene Fragen hier gibt, und das mit zunehmender Relevanz.

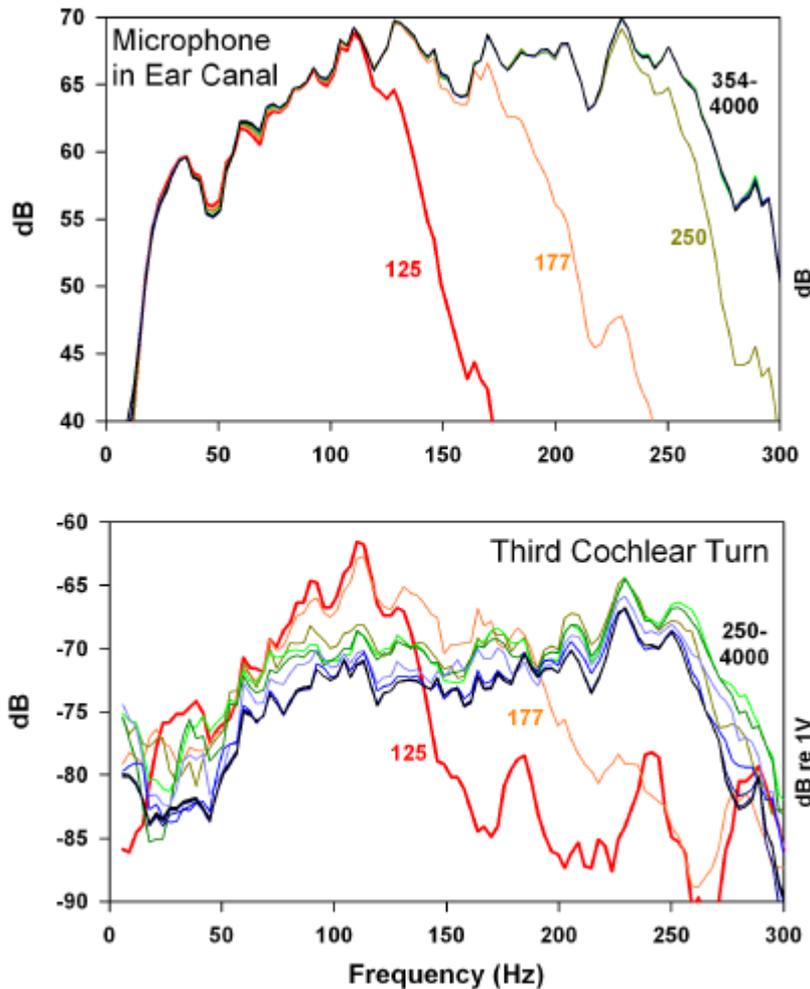
Wirkung von tieffrequentem Geräusch (LFN) und Rosa Rauschen (PN) auf die Alphaaktivität bei verschiedenen Personen



Negative Relation zwischen der Lästigkeit und der Alpha-Aktivität

Eine Reduktion der Alpha-Aktivität deutet auf eine Verschlechterung der Befindlichkeit hin.

Messung in-vivo mit versch. frequenzbegrenzten Stimuli



Source:
Salt, A. N., Lichtenhan, J.T.:
„Perception-based protection from
low-frequency sound may not be
enough“, Proceedings InterNoise
2012.

Zusammenfassung

- Der Immission tieffrequenter Geräuschkomponenten durch WKA sollte mehr Beachtung gelten.
- Solche Geräuschkomponenten können das mentale Wohlbefinden stören oder sogar ernsthafte gesundheitliche Beeinträchtigungen bewirken.
- A-bewertete Pegel außen gemessen sind als Plattform nur bedingt geeignet, die Wirkung tieffrequenter Geräusche zu bewerten.
- Es bestehen noch viele offene Fragen und Forschungsbedarf zur Wirkung von tieffrequentem Lärm und zu deren Bewertung durch geeignete Mess- und Prognoseverfahren.
- Bis neue Erkenntnisse vorliegen ist das Verfahren nach DIN 45680 am aussagekräftigsten und bei Beschwerdefällen heranzuziehen.
- Aufgrund der bestehenden Unsicherheiten sollten die Befürchtungen potenzieller Betroffener ernst genommen und kritische Standortwahlen von WKA vermieden werden.